

جمهورية مصر العربية
وزارة التربية والتعليم
والتعليم الفنى
الإدارة المركزية لشئون الكتب

علم الأحياء

للصف الثانى الثانوى

إعـــداد

أ. حسن السيد الهراس — أ.د.أمين عرفان دويدار
أ.د. عدلى كامل فرج — أ.د. عبدالله محمد إبراهيم
أ.أحمد محفوظ كامل — أ.د.محمد عبدالحميد شاهين
أ.عبدالمنعم عبدالحميد الطنانى — أ.على حسن عبدالله

مراجعة

أ.د.فاطمة محمد مظهر

تم التنفيذ والإخراج الفنى بالمركز الاستكشافى للعلوم

الإخراج الفنى
أ.د/ محمد سامح سعيد
(المشرف العام على المركز)

م/ عصام الدين أحمد على

٢٠١٩ - ٢٠٢٠م

لجنة التطوير

أ.د / أمين عرفـــان دويـــدار
استاذ متفرغ
كلية التربية - جامعة عين شمس

أ.د / إسماعيل محمد كامل
أستاذ علم النبات
كلية العلوم - جامعة القاهرة

أ.د / أنور بكـــر منصور
استاذ علم الحيوان
كلية العلوم - جامعة القاهرة

أ.د / حسناء أحمـد حسنى
أستاذ علم النبات
كلية العلوم جامعة القاهرة

أ.د / عبد الرحمن توفيق أحمد
أستاذ علم الحيوان
كلية العلوم - جامعة القاهرة

أ / سلوى صلاح الدين الهوارى
موجه عام أحياء
مركز تطوير المناهج والمواد التعليمية

أ / شـادية أحمد صديق فليفل
موجه عام بالمعاش

أ / نور الهـدى على حسن
موجه أول بالمعاش

أ / حـسن السيد محرم
خبير أحياء

أ / رزق حسـن رزق الحداد
مدرس أول مشرف أحياء

لجنة التعديل

د / عبد المنعم إبراهيم أبو العطا
استاذ علم النبات

أ / شادية أحمد صديق
موجه عام بالمعاش

أ / حسن السيد محرم
خبير بيولوجى

أ / ناهد جمال الدين
موجه أول بالمعاش

أ / شـريف فرغلى محمد
خبير بيولوجى

مستشار العلوم

أ / يســرى فـؤاد سويرس

الاشراف التربوى

مركز تطوير المناهج والمواد التعليمية

تقديم

محتوى الكتاب



الباب الأول

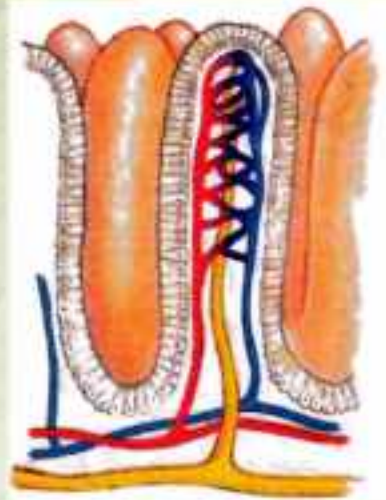


التركيب والوظيفة فى الكائنات الحية

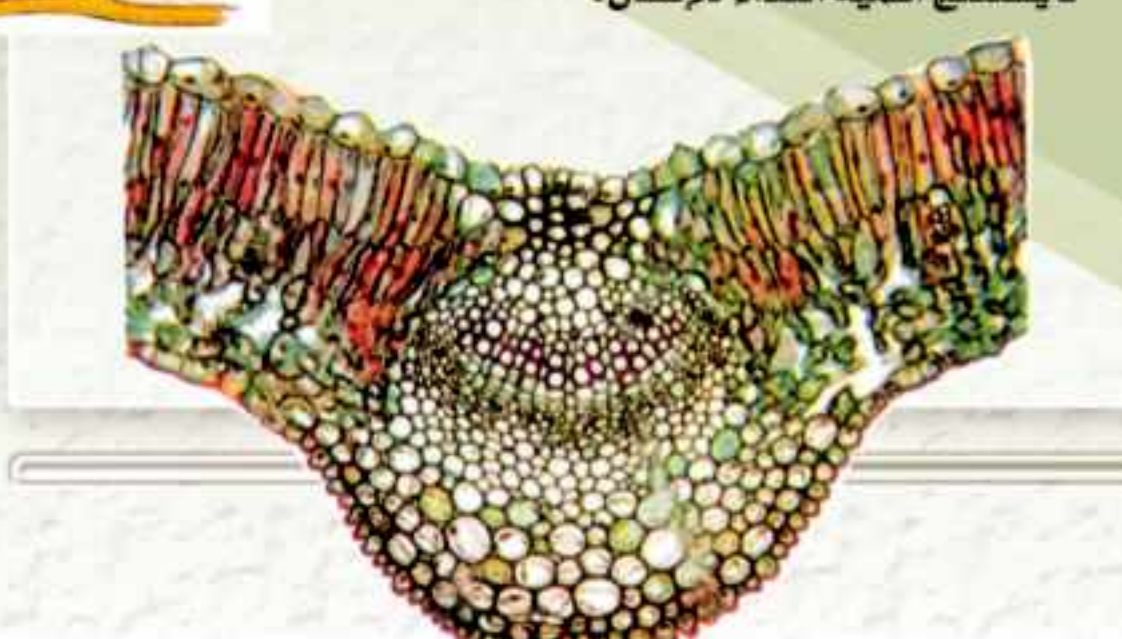
الفصل الأول

التغذية والهضم فى الكائنات الحية

فى نهاية هذا الفصل ينبغى أن يكون الطالب قادرا على أن :



- يتعرف مفهوم التغذية فى الكائنات الحية.
- يفرق بين التغذية الذاتية والتغذية غير الذاتية.
- يذكر الملائمة الوظيفية للشعيرة الجذرية.
- يشرح خطوات البناء الضوئى.
- يتعرف مفهوم التغذية فى الإنسان .
- يوضح عمليات الهضم داخل أعضاء الجهاز الهضمى.
- يشرح كيفية امتصاص الغذاء فى الأمعاء الدقيقة.
- يشرح دور الإنزيمات فى عمليات الهضم المختلفة.
- يستنتج أهمية الغذاء للإنسان.



التغذيــــة

مفهوم التغذية والحاجة إليها

من أهم مظاهر الحياة فى الكائنات الحية أنها تتغذى. فالغذاء هو المصدر الذى يستمد منه الكائن الحى الطاقة اللازمة لجميع العمليات الحيوية للجسم، كما أن الغذاء هو المادة الخام اللازمة للنمو وتعويض مايبلى من مادة الجسم. ويطلق مفهوم (التغذية) Nutrition على الدراسة العلمية للغذاء والطرق المختلفة التى تتغذى بواسطتها الكائنات الحية. وهناك نوعان من التغذية:

أولاً: تغذية ذاتية Autotrophic Nutrition

الكائنات ذاتية التغذية هى التى تصنع غذائها بنفسها كالنباتات الخضراء وبعض أنواع من البكتريا التى تستطيع أن تبنى داخل خلاياها الغذاء ذو الطاقة العالية كالسكر والنشا والدهون والبروتينات من مواد أولية بسيطة منخفضة الطاقة وهى ثانى أكسيد الكربون والماء والأملاح المعدنية وتحصل عليها من بيئتها مع استغلال الطاقة الضوئية لإتمام التفاعلات الكيميائية بما يطلق عليه البناء الضوئى photosynthesis

ثانيًا: تغذية غير الذاتية : Heterotrophic Nutrition

تحصل الكائنات غير ذاتية التغذية على الغذاء من أجسام الكائنات الأخرى فهى تحصل على المركبات الغذائية عالية الطاقة من النباتات الخضراء أو من حيوانات سبق أن تغذت على النباتات. ويمكن تقسيم الكائنات غير ذاتية التغذية كما يأتى :

١ – غير ذاتية عضوية: مثل أكلات العشب وأكلات اللحوم ومتنوعة الغذاء.

٢ – غير ذاتية طفيلية : مثل البلهارسيا ونبات الهالوك.

٣ – غير ذاتية رمية: مثل البكتريا الرمية وبعض الفطريات.

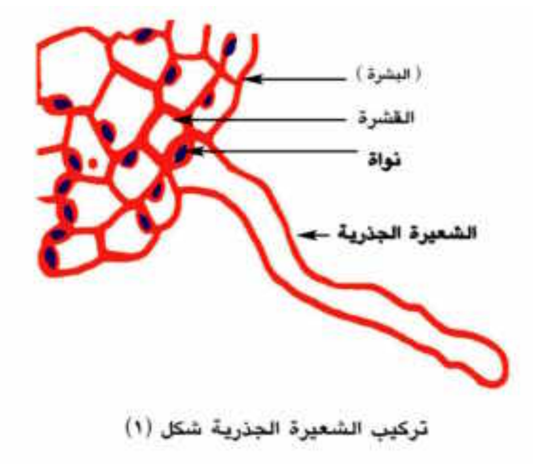


التغذية الذاتية
التغذية فى النباتات الخضراء

عرفنا فيما سبق أن التغذية الذاتية هى إحدى طرق التغذية التى تتميز بها النباتات الخضراء حيث تقوم خلاياها ببناء المركبات الغذائية العضوية عالية الطاقة التى تحتاجها لبناء جسمها مثل المواد الكربوهيدراتية والدهنية والبروتينية من مواد غير عضوية بسيطة التركيب تستمدها من بيئتها وهى الماء وثانى أكسيد الكربون والأملاح المعدنية مستخدمة الطاقة الضوئية للشمس فى عملية البناء الضوئى. وعلى ذلك فهناك عمليتان مهمتان فى عملية التغذية الذاتية التى يقوم بها النبات الأخضر وهما عملية امتصاص الماء والأملاح وعملية البناء الضوئى.

أولاً: عملية امتصاص الماء والأملاح

يتم امتصاص الماء والأملاح المعدنية فى النباتات الخضراء الراقية من التربة عن طريق الشعيرات الجذرية فى المجموع الجذرى للنبات ثم تنتقل من خلية إلى أخرى فى اتجاه الأوعية الناقلة.



تركيب الشعيرة الجذرية شكل (١)

تركيب الشعيرة الجذرية :

الشعيرة تمثل امتداد لخلية واحدة من خلايا الطبقة الوبرية (البشرة) ويصل طولها حوالى ٤مم والشعيرة الجذرية مبطنة من الداخل بطبقة رقيقة من السيتوبلازم بها النواة وبها فجوة عصارية كبيرة وعمر الشعيرة الجذرية لا يتجاوز بضعة أيام أو أسابيع لأن خلايا البشرة فى الجذر تتمزق بين حين وآخر وتعوض باستمرار من منطقة الاستطالة بالجذر.

ملاءمة الشعيرات الجذرية لوظيفتها :

١ – جدرها رقيقة تسمح بنفاذ الماء والأملاح خلالها.
٢ – عددها الكبير وامتدادها خارج الجذر يزيد من مساحة سطح الامتصاص.
٣ – تركيز المحلول داخل فجوتها العصارية أكبر من تركيز محلول التربة مما يساعد على انتقال الماء من التربة إليها.

٤ – تفرز الشعيرة الجذرية مادة لزجة تساعدها على التغلغل والانزلاق بين حبيبات التربة والالتصاق بها وبذلك تساعد على تثبيت النبات.

آلية امتصاص الماء

تعتمد هذه الآلية على عدة ظواهر فيزيائية هى:

١ - خاصية الانتشار Diffusion

هى تحرك الجزيئات أو الأيونات من منطقة ذات تركيز عال إلى منطقة ذات تركيز منخفض، وذلك يرجع إلى الحركة الذاتية المستمرة لجزيئات المادة المنتشرة مثل انتشار نقطة حبر سقطت فى كأس بها ماء.

٢ - خاصية النفاذية Permeability

تختلف جدر الخلايا وأغشيتها فى قدرتها على النفاذية فالجدر السيليلوزية تنفذ كل من الماء وأيونات الأملاح المعدنية، بينما الجدر المغطاة بالسيوبرين والكيوتين واللجنين فلا تنفذ الماء والأملاح، أما الأغشية البلازمية فهى أغشية شبه منفذة كما أنها أغشية اختيارية النفاذية ، فهى رقيقة فيها ثقوب دقيقة جدا لها خاصية تحديد مرور المواد خلالها فقد تمر خلالها بعض المواد بصورة حرة وطليقة ، وأخرى تمر ببطء بينما تمنع نفاذ مواد أخرى ويعرف ذلك بالنفاذية الاختيارية Selective Permeability فهى تنفذ الماء بينما تحدد نفاذ كثير من الأملاح ، وتمنع نفاذ السكر والأحماض الأمينية ذات الجزيئات كبيرة الحجم.

٣ - الخاصة الأسموزية Osmosis

هى مرور الماء خلال الغشاء شبه المنفذ من منطقة ذات تركيز عال للماء إلى منطقة ذات تركيز منخفض للماء، ويسمى الضغط الذى يسبب مرور الماء خلال الأغشية شبه المنفذة بالضغط الأسموزى Osmotic Pressure وكلما كان تركيز المواد المذابة فى المحلول كبيرًا كلما زاد الضغط الأسموزى.

تعميق المعرفة

لتعميق معرفتك في هذا الموضوع يمكنك الاستعانة ببنك المعرفة المصري من خلال الرابط المقابل:



٤ - خاصة التشرب imbibition

إن الدقائق الصلبة وخاصة الدقائق الغروية لها القدرة على امتصاص الماء فتزداد فى الحجم وتنتفخ وتمتص جدر خلايا النبات الماء بهذه الخاصية، ومن المواد الغروية المحبة للماء فى النبات وتتضح فيها هذه الخاصية السيليلوز والمواد البكتينية وبروتينات البروتوبلازم.



وفى ضوء الحقائق السابقة يمكن تفسير كيف يتم امتصاص الجذر للماء ، إذا تحيط بالشعيرات الجذرية طبقة غروية تلتصق بها حبيبات التربة بما عليها من أغشية مائية وذائبات فتتشرب الجدر السيليلوزية والبلازمية بالماء حيث أن العصير الخلوى للشعيرة الجذرية أكثر تركيزًا من محلول التربة نظرًا لوجود السكر ذائبًا في العصير الخلوى. وعلى ذلك يكون تركيز الماء في محلول التربة أعلى منه فى الفجوة العصارية، ولذلك ينتشر الماء بالخاصية الأسموزية من التربة إلى خلايا البشرة، ومن ثم ينتشر الماء بنفس الطريقة إلى خلايا القشرة ويستمر فى تحركه على هذا النمط حتى يصل إلى أوعية الخشب فى مركز الجذر.

امتصاص الأملاح المعدنية

العناصر الغذائية الضرورية للنباتات الخضراء:

تمكن العلماء عن طريق إجراء تجارب متنوعة من إثبات أن النبات يحتاج إلى عناصر ضرورية غير الكربون والهيدروجين والأكسجين يمتصها عن طريق الجذور ويؤدى نقصها إلى اختلال نموه الخضرى أو توقفه أو إلى عدم تكوين الأزهار أو الثمار. وأمكن تقسيم هذه العناصر إلى قسمين:

١ - المغذيات الكبرى Macro-Nutrients

ويحتاج النبات لهذه العناصر بكميات غير قليلة وهى سبعة عناصر:

النيتروجين – الفوسفور – البوتاسيوم – الكالسيوم – المغنسيوم – الكبريت – الحديد.

٢- المغذيات الصغرى Micro - Nutrients

ويحتاج إليها النبات بكميات صغيرة جدا لاتزيد على بضع ملليجرامات فى اللتر وتسمى لذلك بالعناصر الأثرية وهى : المنجنيز – الخارصين – البورون – الألومنيوم – الكلور – النحاس – الموليبدينم – اليود.

وقد ثبت أن بعض هذه العناصر تعمل كمنشطات للإنزيمات.

تعمل أملاح النترات والفوسفات والكبريتات على تحويل الكربوهيدرات إلى بروتينات، ويدخل الفوسفور في تكوين المركبات الناقلة للطاقة ويدخل الحديد فى تكوين بعض الانزيمات المساعدة اللازمة لإتمام عملية البناء الضوئى.

آلية امتصاص الأملاح

تعتمد آلية امتصاص الأملاح على الظواهر الآتية :

١ - الانتشار Diffusion:

تنتقل أيونات العناصر من الوسط الأعلى تركيزًا إلى الوسط الأقل تركيزًا نتيجة حركة الأيونات الحرة والمستمرة حيث تنتشر دقائق الذائبات مستقلة عن الماء وعن بعضها البعض على صورة أيونات موجبة تسمى كاتيونات مثل K^+ , Ca^{++} وأيونات سالبة تسمى أنيونات مثل: $(SO_4)^{--}$, $(NO_3)^-$, $(NO_2)^-$, $(Cl)^-$ وتتحرك هذه الذائبات بالانتشار من محلول التربة وتنفذ داخل الجدران السيليلوزية.

- قد يحدث تبادل للكاتيونات فمثلا يخرج أيون الصوديوم Na^+ من الخلية ويدخل أيون البوتاسيوم K^+ بدلًا منه.

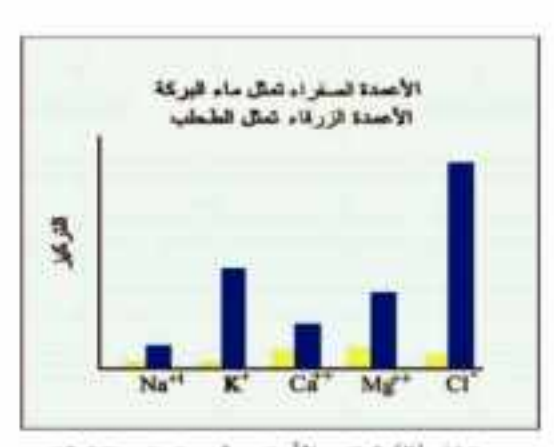
٢ - النفاذية الاختيارية Selective Permeability

عندما تصل الأيونات إلى الغشاء البلازمي شبه المنفذ يختار بعضها ويسمح لها بالمرور حسب حاجة النبات ولا يسمح للبعض الآخر بصرف النظر عن حجم الأيونات أو تركيزها أو شحنتها.

٣ - النقل النشط Active Transport

فى بعض الأحيان تنتشر الأيونات من محلول التربة حيث تركيزها منخفض إلى داخل الخلية حيث تركيزها مرتفع، ويلزم طاقة لإجبار هذه الأيونات على الانتشار ضد التدرج فى التركيز، ويوضح الشكل البيانى فى شكل (٢) نتائج تجربة أجريت على طحلب (Nitella) الذى يعيش فى البرك.

فتركيز الأيونات المختلفة المتراكمة فى العصير الخلوى لخلايا الطحلب أعلى نسبيًا من تركيزها فى ماء البركة، مما يستدعى أن تستهلك الخلية طاقة لامتصاص هذه الأيونات. كما يتضح أيضًا من التجربة زيادة تركيز بعض الأيونات المتراكمة فى الخلية عن الأخرى، مما يدل على أن الأيونات تمتص اختياريًا حسب حاجة الخلية ويطلق على مرور أى مادة خلال غشاء الخلية عندما يلزمها طاقة كيميائية بالنقل النشط.



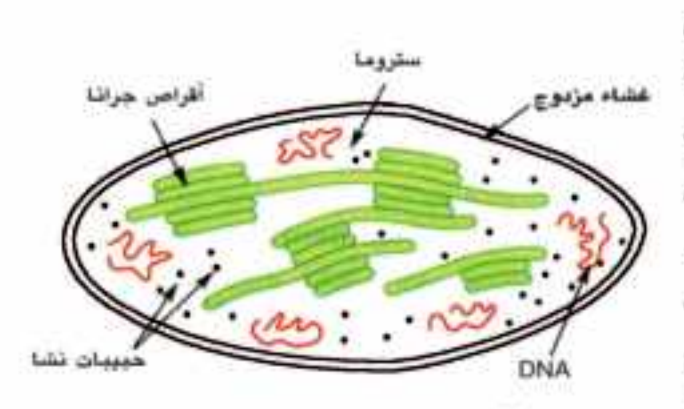
شكل (٢) تركيز الأملاح فى طحلب النيتلا وماء البركة

ثانيا : عملية البناء الضوئى


شكل (٣) البلاستيدات الخضراء

تعتبر الأوراق الخضراء هى المراكز الأساسية لعملية البناء الضوئى لأنها تحتوى على البلاستيدات الخضراء فى النباتات الراقية. وقد تساهم السيقان العشبية الخضراء بقدر فى هذه العملية لاحتوائها على أنسجة كلورنشيمية بها البلاستيدات الخضراء.

تركيب البلاستيدة الخضراء Chloroplast



شكل (٤) شكل تخطيطى مكبر لبلاستيدة خضراء

تبدو البلاستيدات الخضراء فى النباتات الراقية ككتلة متجانسة على شكل عدسة محدبة وذلك تحت الميكروسكوب الضوئى. ولكن بدراسة البلاستيدة الخضراء.. بالميكروسكوب الإلكترونى ثبت أنها تتكون من غشاء مزدوج خارجى رقيق سمكه حوالى ١٠ نانو متر. وبداخله النخاع أو الستروما Stroma ويتركب من مادة بروتينية عديمة اللون وينتشر فى هذا النخاع حبيبات تسمى الجراناGranu قرصية الشكل ويبلغ قطر الحبيبة حوالى ٠.٥ ميكرون وسمكها حوالى ٠.٧ ميكرون وهى تنتظم فى عقود تمتد داخل جسم البلاستيدة وتتركب الحبيبة الواحدة Granum من ١٥ قرصا أو أكثر متراصة بعضها فوق بعض وهى التى تختص بحمل الاصباغ التى تمتص الطاقة الضوئية والقرص مجوف من الداخل وقد تمتد حواف بعض الاقراص خارج حدود الحبيبة لتلتقى بحواف قرص آخر فى حبيبة أخرى مجاورة (شكل ٤) وهذا التركيب يزيد كثيرا من مساحة السطح المعرض للأقراص.

تحتوى البلاستيدة الخضراء على أربع أصباغ أساسية كما فى الجدول الآتى :

كلوروفيل أ	Chlorophyll a	لونه أخضر مزرق	نسبتهما حوالى ٧٠٪
كلوروفيل ب	Chlorophyll b	لونه أخضر مصفر	
زانثوفيل	Xanthophyll	لونه أصفر ليمونى	نسبته حوالى ٢٥٪
كاروتين	Carotene	لونه أصفر برتقالى	نسبته حوالي ٥٪

لذلك يغلب اللون الأخضر على ألوان الأصباغ الأخرى فى البلاستيدة. ويختص الكلوروفيل بامتصاص الطاقة الضوئية اللازمة لعملية البناء الضوئى. وتتكون حبيبات النشا داخل البلاستيدة الخضراء بأعداد كبيرة وتكون صغيرة الحجم نظرا لأنها لا تلبث أن تتحلل إلى سكر لنقله إلى أعضاء أخرى تحت ظروف معينة. وجزئ الكلوروفيل معقد التركيب والقانون الجزيئى لكلوروفيل (أ) هو $C_{55}H_{72}O_5N_4Mg$ وتوجد ذرة المغنسيوم فى مركز الجزىء ويعتقد أن قدرة الكلوروفيل على امتصاص الضوء له علاقة بوجود المغنسيوم فى تركيبه.

تركيب الورقة : تتركب ورقة النبات من ثلاثة أنسجة أساسية شكل (٥) هى:

١ - البشرتان العليا والسفلى Epidermis

تتركب كل منها من : طبقة سمكها خلية واحدة من خلايا بارانشيمية برميلية الشكل متلاصقة خالية من الكلوروفيل تتخللها الثغور والجدار الخارجى لها مغطى بطبقة من الكيوتين ماعدا الثغور.

٢ -النسيج المتوسط Mesophyll Tissue

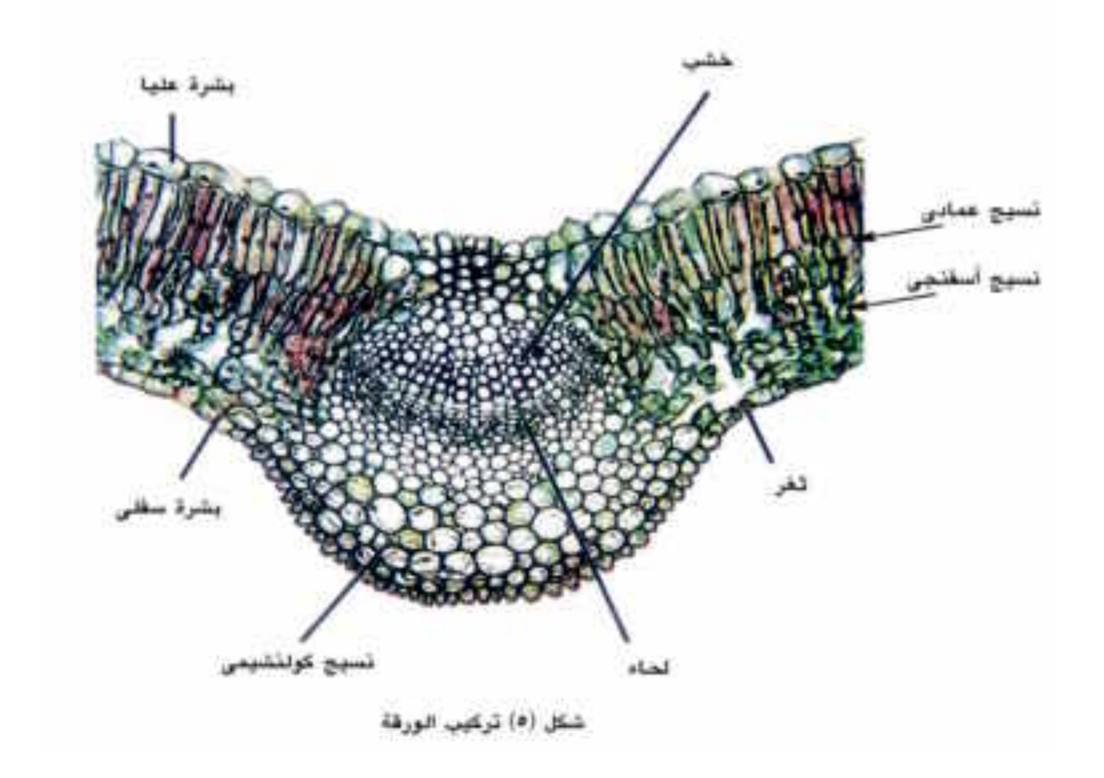
يقع بين البشرتين العليا والسفلى وتخترقه العروق ويتكون من :

(أ) الطبقة العمادية Palisade layer

تتكون من صف واحد من خلايا بارنشيمية مستطيلة الشكل عمودية على سطح البشرة العليا ومزدحمة بالبلاستيدات الخضراء التى ترتب نفسها فى الجزء العلوى من الخلايا العمادية لتستقبل أكبر قدر من الأشعة الضوئية.

(ب) الطبقة الأسفنجية Spongy Layer

توجد أسفل الطبقة العمادية وتتركب من خلايا بارنشيمية غير منتظمة الشكل تفصلها مسافات بينية واسعة وتحتوى خلاياها على بلاستيدات خضراء بنسبة أقل من الخلايا العمادية.



شكل (٥) تركيب الورقة

٣ - النسيج الوعائى Vascular tissue

يتكون من حزم وعائية عديدة ممتدة داخل العروق والعريقات ويحتوى العرق الوسطى على الحزمة الوعائية الرئيسية

وبداخل الحزمة الوعائية توجد أوعية الخشب فى عدة صفوف تفصلها خلايا بارنشيم الخشب ويلى الخشب اللحاء جهة السطح السفلى للورقة وهو يقوم بتوصيل المواد الغذائية العضوية الذائبة التي تكونت في النسيج المتوسط إلى باقى أجزاء النبات.

تعميق المعرفة

لتعميق معرفتك في هذا الموضوع يمكنك الاستعانة ببنك المعرفة المصري من خلال الرابط المقابل:



آلية البناء الضوئى

ما مصدر الأكسجين المنطلق فى عملية البناء الضوئى؟

إن أول من أوضح مصدر الأكسجين فى عملية البناء الضوئى العالم الأمريكى فان نيل Van Neil بجامعة ستانفورد، وقد توصل إلى ذلك بدراسة البناء الضوئى فى بكتريا الكبريت الخضراء والأرجوانية ، وهذه البكتريا ذاتية التغذية تحتوى على كلوروفيل بكتيرى(أبسط تركيبا من الكلوروفيل العادى) وهى تعيش فى طين البرك والمستنقعات حيث يتوفر كبريتيد الهيدروجين وهو مصدر الهيدروجين الذى تستعمله هذه البكتريا فى اختزال CO_2 لبناء المواد الكربوهيدراتيه مع تحرر الكبريت.

وقد افترض فان نيل أن الضوء يعمل على تحليل كبريتيد الهيدروجين إلى هيدروجين وكبريت ثم يستعمل الهيدروجين فى تفاعلات لاضوئية لاختزال CO_2 إلى كربوهيدرات كما فى المعادلة التالية:

$$6CO_2+12H_2S \xrightarrow[\text{كلوروفيل بكتيري}]{\text{طاقة ضوئية}} C_6H_{12}O_6+6H_2O+12S \downarrow$$

وعلى هذا الأساس افترض أن التفاعلات الضوئية التى تجرى في النباتات الخضراء تكون مشابهة لما يحدث فى بكتريا الكبريت ولكن الضوء يحلل الماء إلى هيدروجين وأكسجين ثم يستعمل الهيدروجين لاختزال CO_2 فى سلسلة من التفاعلات لاتحتاج إلى وجود الضوء لإنتاج الكربوهيدرات.

لذلك افترض نيل أن الأكسجين المتحرر يأتى من الماء كما هو حال الكبريت الذى يتحرر من H_2S وعلىذلك يمكن كتابة المعادلة الكيميائية العامة لعملية البناء الضوئى فى النباتات الخضراء كما يلى:

$$6CO_2 +12H_2O \xrightarrow[\text{كلوروفيل}]{\text{طاقة ضوئية}} C_6H_{12}O_6+6H_2O+6O_2 \uparrow$$

وفى عام ١٩٤١ قام فريق من العلماء فى جامعة كاليفورنيا بتجارب لإثبات صحة نظرية فان نيل، استعمل هؤلاء العلماء الطحلب الأخضر المسمى كوريلاChlorella ووفروا له جميع الظروف المناسبة لعملية البناء الضوئى ولكن الماء المستعمل كان به نظير الأكسجين ^{18}O بدلا من ^{16}O

مطابع الدار الهندسية/زهراء المعادي

فوجدوا أن الأكسجين المتصاعد من عملية البناء الضوئى من نوع النظير ^{18}O وليس ^{16}O وعلى ذلك فإن مصدر هذا الأكسجين هو الماء وليس CO_2 ولزيادة التدليل على هذا الاستنتاج. فقد كرر العلماء التجربة بعد استعمال الماء العادى مع CO_2 يحتوى على ^{18}O فتحرر أكسجين عاديا أى ^{16}O هو المتوفر فى الماء العادى ويمكن توضيح ذلك بالمعادلتين الآتيتين:

(التجربة الأولى)

$$6C^{16}O_2 + 12H_2{}^{18}O \xrightarrow[\text{كلوروفيل}]{\text{طاقة ضوئية}} C_6H_{12}{}^{16}O_6 + 6H_2{}^{16}O + 6{}^{18}O_2 \uparrow$$

(التجربة الثانية)

$$6C^{18}O_2 + 12H_2{}^{16}O \xrightarrow[\text{كلوروفيل}]{\text{طاقة ضوئية}} C_6H_{12}{}^{18}O_6 + 6H_2{}^{18}O + 6{}^{16}O_2 \uparrow$$

التفاعلات الضوئية واللاضوئية :

أوضح العالم بلاكمانBlackman في سنة ١٩٠٥ من خلال تجاربه لدراسة العوامل المحددة لمعدل عملية البناء الضوئى مثل عوامل الضوء والحرارة وثانى أكسيد الكربون إن عملية البناء الضوئى تنقسم إلى تفاعلات حساسة للضوء سماها التفاعلات الضوئية والتى يكون فيها الضوء هو العامل المحدد لسرعة هذه العملية، وتفاعلات لا ضوئية أو تفاعلات الظلام (التفاعلات الأنزيمية) وهذه التفاعلات حساسة لدرجة الحرارة ولا تتأثر بالضوء ، ويمكن أن تحدث فى الضوء أو فى الظلام على السواء وتكون درجة الحرارة هى العامل المحدد لسرعة العملية.

أولاً : التفاعلات الضوئية : Light reactions

١ – عندما يسقط الضوء على الكلوروفيل الموجود فى تركيب الجرانا في البلاستيدة الخضراء فإن إلكترونات ذرات جزئ الكلوروفيل تكتسب الطاقة وتتحرك من مستوياتها الأقل فى الطاقة إلى مستويات أعلى فى الطاقة وبذلك تختزن طاقة الضوء الحركية كطاقة وضع كيميائية في الكلورفيل. وتسمى عندئذ جزيئات الكلوروفيل بالمنشطة أو المثارة .

وعندما تتحرر الطاقة المختزنة تهبط الإلكترونات مرة أخرى إلى مستوى الطاقة ويصبح الكلوروفيل غير منشط ويمكنه امتصاص مزيدا من الضوء ليصبح منشطا مرة أخرى.

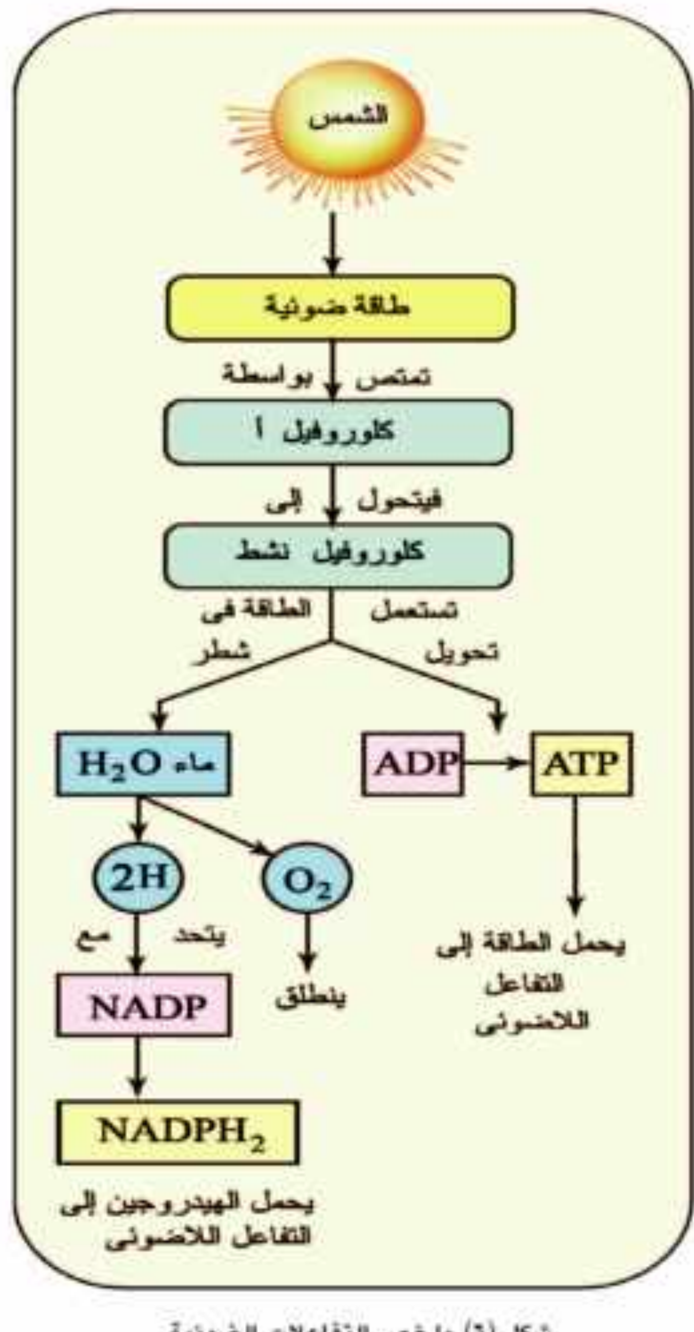
٢ – يستخدم جزء من الطاقة المتحررة من الكلوروفيل المنشط فى شطر جزىء الماء إلى هيدروجين وأكسجين.

٣ – ويختزن جزء من طاقة الكلوروفيل المنشط فى جزئ ATP باتحاد جزئ ADP الموجودة فى البلاستيدة الخضراء مع مجموعة فوسفات $(PO_4)^{-}$ وتسمى هذه العملية بالفسفرة الضوئية

$$ADP+P \longrightarrow ATP$$

Adenosine -P-P+P ⟶ Adenosine -P-P-P

٤ – يتحد الهيدروجين الناتج من انشطار جزئ الماء مع مساعد إنزيم يوجد فى البلاستيدة الخضراء ويرمز له NADP (ثنائى فوسفات أميد النيكوتين ثنائى النيوكليوتيد وهو مستقبل الهيدروجين). ويتكون منهما مركب $NADPH_2$ وبذلك لايهرب هذا الهيدروجين أو يتحد مرة ثانية مع الأكسجين .

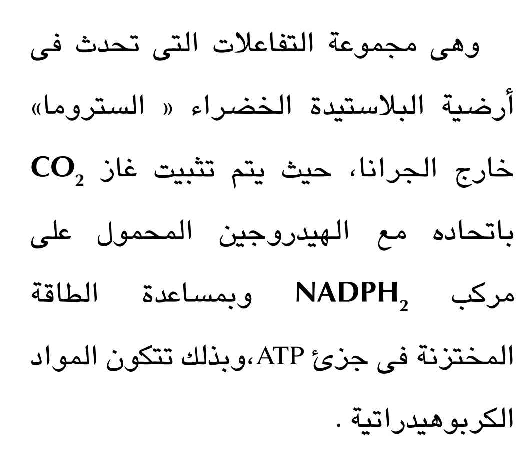


شكل (٦) ملخص التفاعلات الضوئية

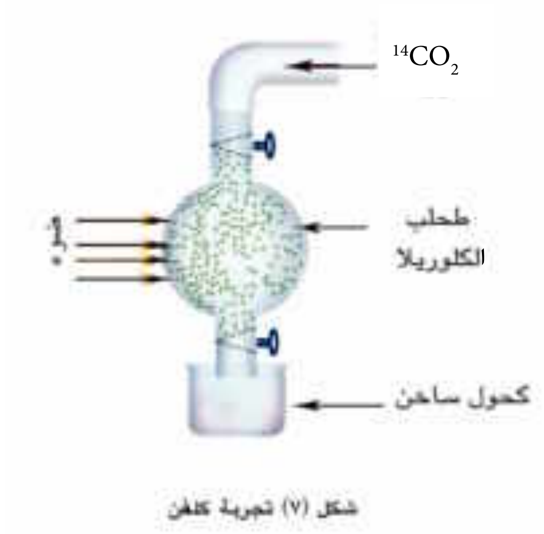
٥ – ينطلق الأكسجين المتحرر من انشطار الماء كناتج ثانوى.



ثانيًا: التفاعلات اللاضوئية Dark Reactions



وهى مجموعة التفاعلات التى تحدث فى أرضية البلاستيدة الخضراء « الستروما» خارج الجرانا، حيث يتم تثبيت غاز CO_2 باتحاده مع الهيدروجين المحمول على مركب $NADPH_2$ وبمساعدة الطاقة المختزنة فى جزئ ATP،وبذلك تتكون المواد الكربوهيدراتية .



شكل (٧) تجربة كالفن

ولقد تمكن العالم ميلفن كالفن Melvin Calvin ومساعدوه فى جامعة كاليفورنيا سنة ١٩٤٩ من الكشف عن طبيعة التفاعلات اللاضوئية بعد اكتشاف نظير الكربون المشع ^{14}C فقد وضعوا طحلب الكلوريلا فى الجهاز شكل (٧) وأمدوه بغاز CO_2 به كربون مشع ^{14}C ثم أضئ المصباح لعدة ثوان ليسمح بحدوث البناء الضوئى ثم وضع الطحلب فى كأس به كحول ساخن لقتل الخلية ووقف التفاعلات البيوكيميائية ثم فصلوا المركبات التى تكونت خلال عملية البناء الضوئى بطرق خاصة وكشفوا فيها عن الكربون المشع بعداد جيجر.

وقد أوضحت النتائج أنه عندما استمرت عملية البناء الضوئى لمدة ثانيتين فقط تكون مركب ذو ثلاث ذرات كربون وهو مايسمى فوسفوجليسر الدهيد PGAL وهذا هو المركب الأول الثابت كيميائيا الناتج عن البناء الضوئى ويمكن أن يستعمل هذا المركب لبناء الجلوكوز والنشا والبروتينات والدهون كما يمكن أن يستعمل كمركب عالى الطاقة فى التنفس الخلوى، ولقد أوضح كالفن أن تكوين السكر سداسى الكربون لم يتم فى خطوة واحدة ، بل من خلال عدة تفاعلات وسيطة حفزتها إنزيمات خاصة.

تعميق المعرفة

لتعميق معرفتك في هذا الموضوع يمكنك الاستعانة ببنك المعرفة المصري من خلال الرابط المقابل:



التغذية غير الذاتية

مفهومه والحاجة إليه:

في التغذية غير الذاتية يحصل الكائن الحى على غذائه فى صورة مواد عضوية جاهزة ومعقدة غالبا وذات جزيئات ضخمة « بروتينات – نشويات – دهون » لا تستطيع أن تنفذ خلال أغشية خلايا الكائن الحى ليستفيد منها إلا بعد تكسيرها لجزيئات أصغر حجمًا وأبسط تركيبًا. « أحماض أمينية – جلوكوز – أحماض دهنية وجلسرين » وهذه الجزيئات صغيرة ويسهل امتصاصها ودخولها إلى الخلية بالانتشار أو النقل النشط فتستعملها كمصادر للطاقة أو للبناء واستمرار النمو .

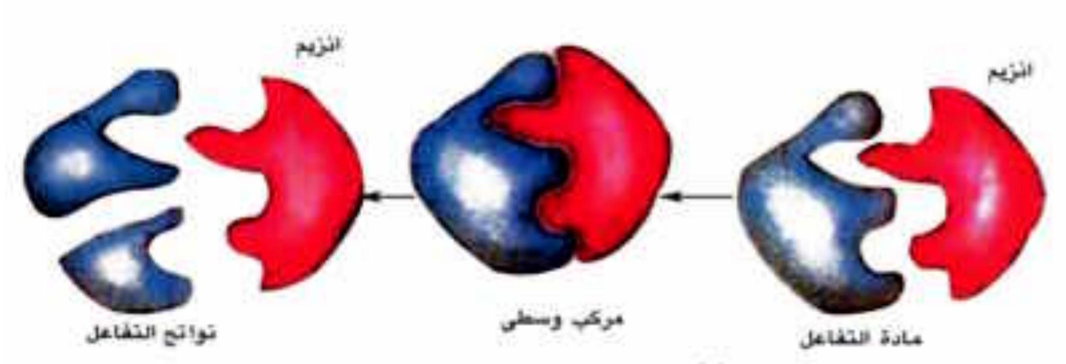
الهضم Digestion

تحويل جزيئات الطعام الكبيرة polymers إلى جزيئات صغيرة Monomers بواسطة التحلل المائى Hydrolysis ويساعد على ذلك عمل الأنزيمات.

الإنزيمات Enzymes

الأنزيم مادة بروتينية له خصائص العوامل المساعدة نتيجة لقدرته على التنشيط المتخصص فكل إنزيم يحفز إحدى التفاعلات الكيميائية المعينة. وهذا التفاعل يعتمد على تركيب الجزئ المتفاعل وشكل الإنزيم، وعندما يتم التفاعل تنفصل الجزيئات الناتجة عن الإنزيم تاركة إياه بالصورة التى كان عليها قبل التفاعل.

إنزيم + مادة التفاعل ⇌ مركب وسطى غير ثابت ⇌ نواتج التفاعل + إنزيم



شكل (٨) شكل تخطيطى يوضح عمل الإنزيم



ويلاحظ أن الإنزيمات لا تؤثر على نواتج التفاعل ، بل تعمل فقط كعامل حفاز على زيادة معدل التفاعل حتى يصل إلى حالة اتزان . وبعض الإنزيمات قد يكون لها تأثير عكسى فنفس الإنزيم الذى يساعد على تكسير جزئ معقد إلى جزيئين أبسط يستطيع أن يعيد ربط الجزيئين إلى نفس الجزئ المعقد. وبعض الإنزيمات تفرزها الخلية فى حالة غير نشطة لذلك لابد من وجود مواد خاصة لتنشيطها. فمثلا إنزيم الببسين يفرز بواسطة المعدة كمادة غير نشطة هى الببسينوجين التى تتحول فى وجود حمض الهيدروكلوريك إلى الببسين النشط وتعتمد درجة نشاط الإنزيم على درجة الحرارة ودرجة الأس الهيدروجينى pH

الهضم فى الإنسان
Digestion in Man

يتركب الجهاز الهضمى فى الإنسان من قناة هضمية تمتد من الفم حتى الشرج وتتكون هذه القناة من الفم والبلعوم والمرئ والمعدة والأمعاء الدقيقة والأمعاء الغليظة والشرج وغدد ملحقة بهذه القناة وتشتمل على الغدد اللعابية والكبد والبنكرياس.

وتتم عملية الهضم فى الإنسان كما يلى :

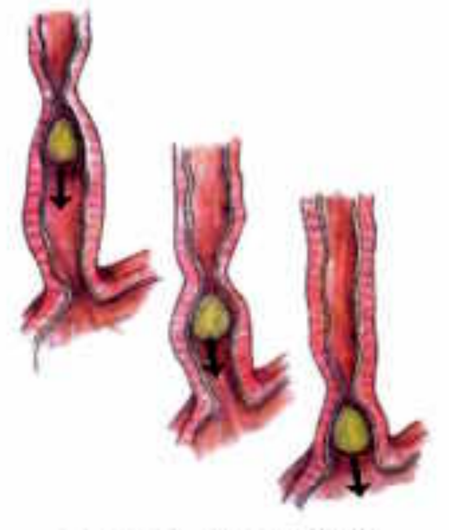
أولا : الهضم فى الفم Buccal digestion

يبدأ الجهاز الهضمى بفتحة الفم ويحوى الفم الأسنان التى تتميز إلى قواطع فى مقدمة الفك لتقطيع الطعام ويليها الأنياب لتمزيق الطعام ثم الأضراس لطحن الطعام أما اللسان فيقوم بتذوق الطعام وتحريكه وخلطه باللعاب، حيث يوجد ثلاث أزواج من الغدد اللعابية تفتح بقنوات في التجويف الفمى لتصب اللعاب الذى يحتوى على المخاط الذى يلين الطعام ويسهل إنزلاقه. كما يحتوى على إنزيم الأميليز Amylase المسمى بالتيالين Ptyalin (pH7.4) الذى يعمل فى وسط قلوى ضعيف وهو يحلل النشا مائيًا إلى سكر ثنائى هو المالتوز (سكر شعير) ويوجد فى مؤخرة الفم البلعوم Pharynx حيث يمتد منه أنبوبتان الأولى المرئ والثانية القصبة الهوائية التى تعتبر جزء من الجهاز التنفسى.

وتعتبر عملية البلع فعل منعكس منسق وهى تدفع الطعام من الفم إلى المرئ وأثناء ذلك ترتفع قمة القصبة الهوائية والحنجرة أمام لسان المزمار لتقفل فتحتها.

المرئ : يمر فى العنق والتجويف الصدرى ويمتد محاذيًا للعمود الفقرى بطول ٢٥سم.

ويوجد ببطانته غدد تفرز المخاط وهو يوصل الطعام للمعدة بواسطة مجموعة من الانقباضات والانبساطات العضلية والتى تسمى الحركة الدودية Peristalsis وهى حركة مستمرة على طول القناة الهضمية وهى المسئولة عن دفع الطعام فيها وخضه وعجنه مع العصارات الهاضمة شكل (٩)

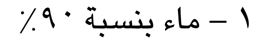


شكل (٩) الحركة الدودية للمرئ

ثانيًا: الهضم فى المعدة : Gastric Digestion

المعدة كيس منتفخ يفصلها عن المرئ عضلة حلقية تتحكم فى فتحة الفؤاد Cardiac Sphincter كما يفصلها عن الأمعاء الدقيقة عضلة حلقية عاصرة تتحكم فى فتحة البواب Pyloric Sphincter شكل (١٠) والبروتينات هى المواد الغذائية الوحيدة التى يؤثر عليها العصير المعدى، وهو عبارة عن سائل حمضى عديم اللون يتكون من :

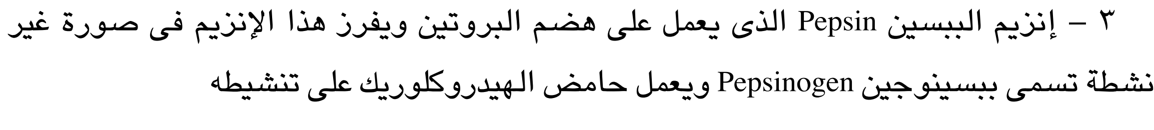
شكل (١٠) المعدة

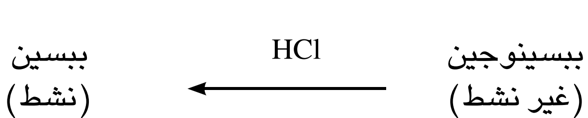


١ – ماء بنسبة ٩٠٪

٢ – حامض الهيدروكلوريك: يعمل هذا الحامض على جعل وسط المعدة حامضيًا (**pH1.5-2.5**) فيوقف عمل إنزيم التيالين كما يعمل على قتل الميكروبات التى تدخل مع الطعام .

٣ – إنزيم الببسين Pepsin الذى يعمل على هضم البروتين ويفرز هذا الإنزيم فى صورة غير نشطة تسمى ببسينوجين Pepsinogen ويعمل حامض الهيدروكلوريك على تنشيطه





هضم البروتينات :

يعمل إنزيم الببسين النشط على التحلل المائى للبروتين بكسر روابط ببتيدية معينة من سلاسل البروتين الطويلة ويحولها إلى سلاسل قصيرة من عديدات الببتيد.

$$\text{بروتين + ماء} \xrightarrow[\text{حمض HCl}]{\text{ببسين}} \text{عديدات الببتيد}$$

والآن دعنا نتساءل لماذا لا تؤثر العصارة المعدية على الخلايا المبطنة للمعدة؟

يمكن الإجابة على هذا التساؤل بأن الإفرازات المخاطية الكثيفة لجدار المعدة الداخلى تحمى هذه المعدة من فعل العصارات الهاضمة كما يتواجد إنزيم الببسينوجين فى صورة غير نشطة ولا ينشط إلا بعد خروجه من خلايا المعدة إلى تجويفها بفعل حامضHCl

ثالثا: الهضم فى الأمعاء Intestinal Digestion

الأمعاء الدقيقة : Small Intestine

تتكون الأمعاء الدقيقة من الإثنى عشر واللفائفى ويبلغ طولها حوالى ٨ أمتار وقطرها يتراوح بين ٣,٥ سم فى بدايتها و١,٢٥سم فى نهايتها وتنثنى على نفسها ويربط بين التواءاتها غشاء المساريقا.

والعصارات التى تعمل على هضم الطعام في الأمعاء الدقيقة هى :

١ - العصارة الصفراوية : Bile

تفرز من الكبد على الغذاء أثناء مروره فى الإثنى عشر وتعمل على تحويل الدهون إلى مستحلب دهنى، أى تجزئ الحبيبات الكبيرة إلى قطرات دهنية دقيقة فيسهل ويسرع التأثير الإنزيمى على الدهون التى لا تذوب فى الماء.

٢ - العصارة البنكرياسية : Pancreatic juice

تفرز من البنكرياس على الطعام فى الإثنى عشر وهى تحتوى على مايلى :

أ – بيكربونات الصوديوم : تعادل حمض HCl وتجعل الوسط قلويا (pH 8)

ب – أنزيم الأميليز البنكرياسى : يحلل النشا والجليكوجين إلى سكر مالتوز ثنائى

جـ – أنزيم التربسينوجين: وهو غير نشط ومتى وصل إلى الإثنى عشر فإنه يتحول إلى الصورة النشطة وهى التربسين Trypsin وذلك بفعل إنزيم انتروكينيز Enterokinase والذى يفرزه الجدار

الخلوى للأمعاء الدقيقة ويساعد إنزيم التربسين على تكسير البروتينات إلى عديدات الببتيد.

د – أنزيم الليبز Lipase: يحلل مائيا الدهون إلى أحماض دهنية وجلسرين وذلك بعد تجزيئتها بالصفراء.

٣ - العصارة المعوية : Intestinal juice

هذه العصارة تفرزها خلايا خاصة فى جدار الأمعاء الدقيقة وتحتوى على الإنزيمات التالية والتى تكمل عمل الإنزيمات السابقة فى عملية الهضم النهائى لمكونات الغذاء.

أ – مجموعة إنزيمات الببتيديز Peptidasesوهى عدة أنواع يختص كل منها بتكسير الروابط الببتيدية بين أنواع معينة من الأحماض الأمينية فى سلسلة عديدات الببتيد لتتكون فى النهاية الأحماض الأمينية المختلفة.

ب – مجموعة الإنزيمات المحللة للسكريات الثنائية إلى السكر الأحادى وهى :

– أنزيم المالتيز Maltase يحلل سكر المالتوز« سكر الشعير» إلى جزيئين من سكر الجلوكوز

– أنزيم السكريز Sucrase وهو يحلل سكر السكروز « سكر القصب» إلى جلوكوز وفركتوز.

– أنزيم اللاكتيز Lactase وهو يحلل سكر اللاكتوز « سكر اللبن» إلى جلوكوز وجالاكتوز.

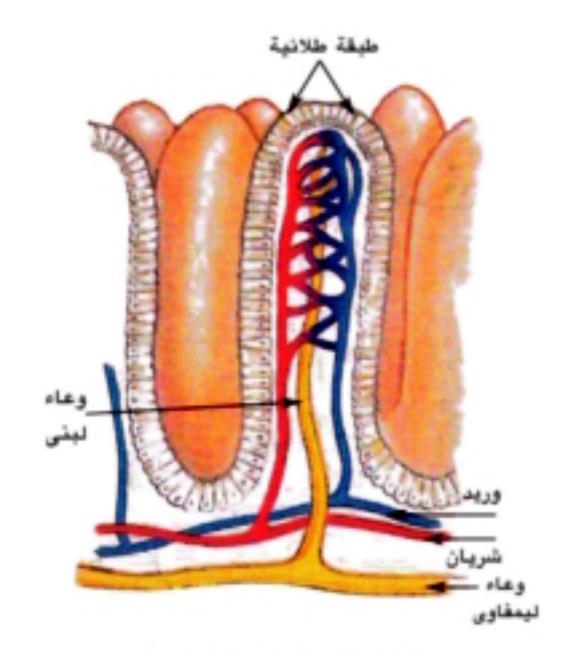
ج – أنزيم انتروكينيز وهو ليس من الإنزيمات الهاضمة بل هو منشط فقط لإنزيم التربسينوجين.

الامتصاص: Absorption

الامتصاص هو عبور المركبات الغذائية المهضومة إلى الدم أو الليمف خلال الخلايا المبطنة للفائفى فى الأمعاء الدقيقة.

وبدراسة تركيب جدار الأمعاء الدقيقة كما فى شكل « ١١» يلاحظ وجود انثناءات عديدة فى جدار اللفائفى تسمى الخملات Villi وهى تزيد من سطح الأمعاء الدقيقة المعرض لامتصاص الغذاء إذ تبلغ مساحة هذا السطح حوالى ١٠م٢ أى خمسة أضعاف مساحة سطح جسم الإنسان . وتتكون الخملة من طبقة طلائية بداخلها وعاء لبنى « ليمفاوى» يحيط به شبكة من الشعيرات الدموية الشريانية والوريدية وقد لوحظ بالمجهر الإلكترونى وجود امتدادات دقيقة جدا لخلايا الطبقة الطلائية للخملة تعرف بالخميلات الدقيقة وهذه ايضًا تعمل على زيادة سطح الامتصاص وتنتقل نواتج عملية الهضم إلى الدم والليمف بخاصية الانتشار الغشائي والنقل النشط.

وهناك طريقان للمواد الممتصة فى كل خملة هما:



شكل (١١) شكل تخطيطى للخملات

أ - الطريق الدموى:

يبدأ بالشعيرات الدموية داخل كل خملة ويمر بهذا الطريق الماء والأملاح المعدنية والسكريات الأحادية والأحماض الأمينية والفيتامينات الذائبة فى الماء وتصب هذه المواد فى الوريد البابى الكبدى ثم تدخل إلى الكبد ومنه إلى الوريد الكبدى لتصب فى الوريد الأجوف السفلى فالقلب.

ب - الطريق الليمفاوى :

يمر فيه الجلسرين والأحماض الدهنية وما يذوب فيها من فيتامينات A، D، E، K ويعاد اتحاد بعض الجلسرين والأحماض الدهنية لتكوين دهون داخل خلايا الطبقة الطلائية للخملات كما أن هذه الخلايا تمتص قطيرات الدهن التى لم تحلل مائيا بالإنزيمات بطريقة البلعمة ثم تتجه جميع الدهون إلى الأوعية اللبنية داخل الخملات ومنها إلى الجهاز الليمفاوى الذى يحملها ببطء ليصبها فى الوريد الأجوف العلوى فالقلب.

التمثيل الغذائى « الأيض» Metabolism

التمثيل الغذائى هى العملية التى يستفيد منها الجسم بالمواد الغذائية المهضومة والتى تم امتصاصها وتشمل عملية التمثيل الغذائى على عمليتين متعاكستين.

١ - عملية البناء Anabolism

وفيها يتم تحويل المواد الغذائية البسيطة إلى مواد معقدة تدخل فى تركيب الجسم فيتحول السكر إلى مواد نشوية تخزن على هيئة جليكوجين يخزن فى الكبد والعضلات.

والأحماض الأمينية تتحول إلى أنواع البروتينات فى الجسم وتتحول الأحماض الدهنية والجلسرين إلى مواد دهنية تخزن فى الجسم خاصة تحت الجلد.

٢ - عملية الهدم: Catabolism

وفيها يتم عملية أكسدة المواد الغذائية الممتصة وخاصة السكريات لإنتاج الطاقة اللازمة لأداء الجسم لوظائفه الحيوية.

الأمعاء الغليظة والتخلص من فضلات الطعام:

تندفع فضلات الطعام غير المهضومة إلى الأمعاء الغليظة حيث يتم امتصاص الماء وجزء من الأملاح خلال بطانة الأمعاء الغليظة التى يوجد بها كثير من التحززات تساعد على ذلك ثم تصبح فضلات الطعام شبه صلبة ، يحدث لهذه المواد تعفن بسبب وجود بعض أنواع من البكتيريا . ثم تطرد الفضلات على شكل براز من فتحة الشرج نتيجة تقلصات شديدة فى عضلات المستقيم وارتخاء العضلتين العاصرتين على جانبى الشرج وتفرز الأمعاء الغليظة المخاط الذى يسهل مرور فضلات الطعام للخارج.



لتعميق معرفتك في هذا الموضوع يمكنك الاستعانة ببنك المعرفة المصري من خلال الرابط المقابل:



مطابع الدار الهندسية/زهراء المعادي



أسـئلة

س١ : تعتبر الخاصية الأسموزية من الظواهر الفيزيائية المهمة فى امتصاص الماء خلال الجذر.

– ما المقصود بالخاصية الأسموزية ؟ وما أهميتها بالنسبة للنبات؟

– ما علاقة الخاصية الأسموزية بالضغط الأسموزى؟

س٢: اختر الإجابة الصحيحة لكل عبارة مما يأتى من الإجابات المحتملة التالية لها:

(أ) لا تستطيع النباتات الخضراء أن تعيش فى أعماق بعيدة فى المحيطات وذلك لأنه..................

– لاتوجد التربة المناسبة لتثبيت جذور النباتات

– تركيز الأكسجين عال جدا فى الأعماق البعيدة – شدة الضوء منخفضة جدا

– تركيز ثانى أكسيد الكربون منخفض جدا

(ب) أحد النظائر الآتية أفاد فى الكشف عن التفاعلات اللاضوئية ....

كربون ١٤ –أكسجين ١٨ – كبريت ٣٥ – كربون ١٢

(جـ) ينتقل الماء عبر خلايا الأندودرمس إلى الخشب بواسطة ....

التشرب – الخاصية الشعرية – الخاصية الأسموزية – النفاذية الاختيارية

(د) أول مركب عضوى ثابت ينتج فى عملية البناء الضوئى هو ....

أدينوسين ثلاثى الفوسفات – NADP – الجلوكوز – فوسفو جلسرالدهيد

(هـ) تتم التفاعلات اللاضوئية في الستروما فى وجود كل من ....

– ثانى أكسيد الكربون والماء و ATP – ثانى أكسيد الكربون و $NADPH_2$ والماء

– ثانى أكسيد الكربون وATP و $NADPH_2$ – ثانى أكسيد الكربون وATP

(و) يتأثر فعل الإنزيم بـ ....

– درجة الـpH فقط – درجة الحرارة فقط

– نوع جزيئات الغذاء – درجة الحرارة والـ pH

س٣ : «الامتصاص هو عبور المركبات الغذائية المهضومة إلى الدم أو الليمف».

(أ) فى أى جزء من الأمعاء الدقيقة تتم عملية الامتصاص؟

(ب) ما المواد التى يتم امتصاصها من خلال هذا الجزء وما الطرق التى تسلكها؟

(جـ) ماذا يحدث لأجزاء الطعام التى لم تهضم وكيف يتخلص منها الجسم؟

س٤: «تتم عملية امتصاص النبات للأملاح بطرق مختلفة»

(أ) ما العناصر الغذائية الضرورية للنبات وما أهميتها؟

(ب) من طرق انتقال هذه العناصر هى النقل النشط ما المقصود بالنقل النشط وما أهميته للنبات؟

س٥: علل لمايأتى :

١ – قدرة النباتات على تثبيت CO_2 فى الظلام بعد تعرضها فترة للضوء.

٢ – تنتقل أيونات الأملاح من محلول التربة إلى خلايا الجذر ضد التدرج فى التركيز .

٣ – لا تؤثر العصارة المعدية على الخلايا المبطنة للمعدة.

التركيب والوظيفة فى الكائنات الحية

الفصل الثانى

النقل فى الكائنات الحية

فى نهاية هذا الفصل ينبغى أن يكون الطالب قادرا على أن :

- يتعرف مفهوم النقل فى النبات الراقي.
- يستنتج آلية النقل من الجذر إلى الورقة.
- يكتشف القوى التى تعمل على صعود العصارة.
- يتعرف نقل الغذاء الجاهز من الورقة إلي جميع أجزاء النبات.
- يشرح دور الأنابيب الغربالية فى النقل.
- يتعرف جهاز النقل فى الإنسان.
- يتعرف الجهاز الدورى.
- يتعرف تركيب الدم ووظائفه.
- يتعرف ضربات القلب وضغط الدم.
- يستنتج الدورة الدموية.
- يستنتج آلية تكوين الجلطة.
- يتعرف مكونات الجهاز الليمفاوى.



النقل

من دراستنا فى الفصل السابق للتغذية والهضم فى الكائنات الحية اتضح لنا أن كل كائن حى يحتاج إلى مواد مختلفة يدخلها إلى جسمه بطريقة أو بأخرى فالنبات الأخضر لكى يقوم بعملية البناء الضوئى فإنه يتطلب إمدادا كافيا بثانى أكسيد الكربون والماء والأملاح المعدنية.

وفى النباتات البدائية كالطحالب فإن هذه المواد الأولية مع نواتج البناء الضوئى تتحرك من خلية إلى أخرى بالانتشار والنقل النشط ولذلك فلاتوجد حاجة لأنسجة نقل متخصصة .

أما فى النباتات الراقية فإن الغازات تنتقل بالانتشار، أما انتقال الماء والأملاح المعدنية والنواتج الذائبة للبناء الضوئى فإنه يتم بواسطة أنسجة وعائية متخصصة.

وإذا انتقلنا إلى الحيوانات وجدنا أنها تحصل علي الطاقة اللازمة لها فى صورة طعام يتم هضمه ثم امتصاص المواد الغذائية الذائبة وعندئذ تبدأ مشكلة نقلها وتوزيعها إلى مختلف الأنسجة البعيدة عن سطح الامتصاص، وفى الحيوانات الصغيرة كالبرتوزوا والهيدرا فإن حركة الغازات التنفسية والمواد الغذائية يتم بالانتشار بينما فى الحيوانات الأكبر والأكثر تعقيدا لا يصلح الانتشار كوسيلة كافية لنقل الغذاء والأكسجين إلى مختلف الأنسجة، ولذلك أصبح من الضرورى وجود جهاز نقل متخصص فى هذه الحيوانات.

النقل في النباتات الراقية
Transport in higher plants

درسنا فيما سبق كيف يتم امتصاص الماء والأملاح المعدنية من التربة بواسطة الجذر وكيف تنتقل هذه المواد عبر أنسجة الجذر المختلفة حتى تصل إلى أوعية الخشب فى الجذر ومن ثم ينقلها إلى خشب الساق ثم إلى الأوراق حيث تقوم بعملية البناء الضوئى وتكوين المواد الغذائية عالية الطاقة وهى المواد الكربوهيدراتية والدهنية والبروتينية ثم تنتقل هذه المركبات من مراكز صنعها إلى مواضع التخزين والاستهلاك فى الأنسجة المختلفة فى الجذر والساق والثمار والبذور، والطريق الذى يسلكه هذا الغذاء العضوى هو الأنابيب الغربالية فى لحاء الورقة والساق والجذر.

ولقد درسنا التركيب الداخلى للورقة لعلاقتها بعملية التغذية ويجدر بنا الأن أن ندرس التركيب الداخلى للساق لأهمية ذلك فى فهم دوره فى عملية النقل.

فإذا فحصنا قطاعا عرضيا فى ساق نبات حديث ذو فلقتين تحت المجهر « شكل ١» يتبين لنا أنه يتركب من الأنسجة التالية :

١ – **البشرة** : Epidermis وهى صف واحد من الخلايا البارنشيمية برميلية الشكل متلاصقة يغلفها من الخارج طبقة من الكيوتين.

٢ – **القشرة** :Cortex تتكون من عدة صفوف من الخلايا الكولنشيمية مغلظة الأركان بالسليلوز ولها وظيفة دعامية وقد تحتوى علي بلاستيدات خضراء فهى تقوم أيضًا بعملية البناء الضوئى ثم تليها عدة صفوف من الخلايا البارنشيمية يتخللها كثير من المسافات البينية للتهوية وآخر صف منها يعرف بالغلاف النشوى لحفظ حبيبات النشا.

٣ – **الأسطوانة الوعائية** Vascular cylinder تشغل حيزًا كبيرًا في الساق وتتركب مما يأتى :

أ – **البريسيكل** :Pericycle مجموعات من خلايا بارنشيمية متبادلة مع مجموعات من الخلايا الليفية وكل مجموعة ألياف تقابل حزمة وعائية من الخارج ووظيفته تقوية الساق وجعلها قائمة مرنة

ب – **الحزم الوعائية** Vascular bundles وهى مرتبة في محيط دائرة والحزمة مثلثة الشكل قاعدتها للخارج وتتركب كل حزمة من :

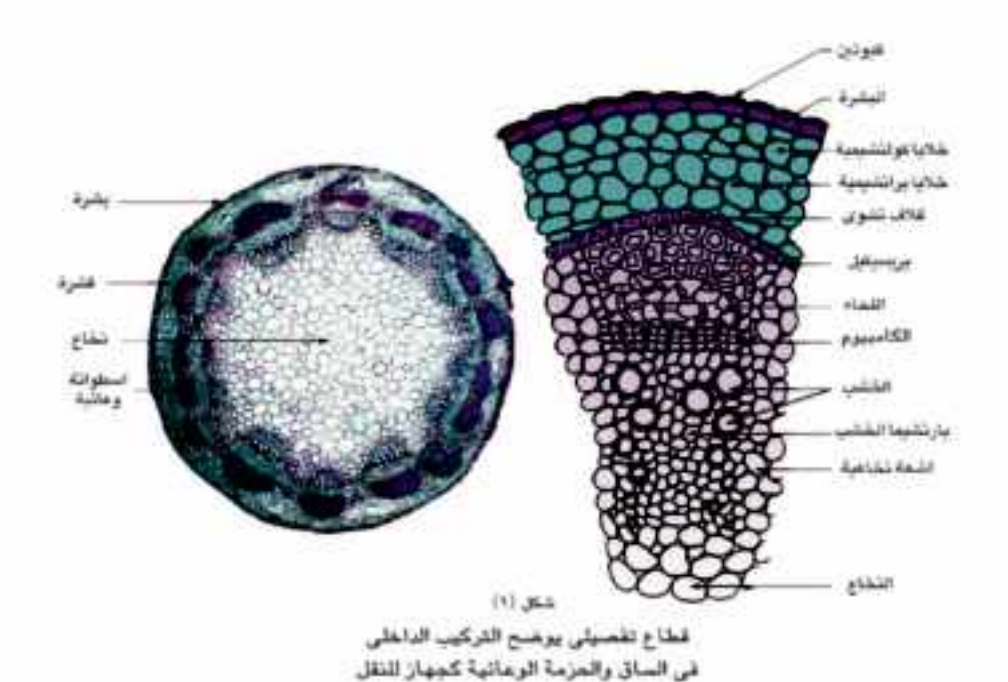
١ – **اللحاء** Phloem وهو الجزء الخارجى ويتكون من أنابيب غربالية وخلايا مرافقة وخلايا بارنشيمية ووظيفته نقل المركبات الغذائية العضوية.

٢ – **الكمبيوم** :Cambium ويتكون من صف واحد أو أكثر من خلايا مرستيمية توجد بين اللحاء والخشب وعندما تنقسم خلاياه تعطى لحاء ثانويا للخارج وخشبا ثانويا للداخل.

٣ – **الخشب** :Xylem وهو الجزء الداخلى من الحزمة الوعائية ووظيفته نقل الماء والأملاح الذائبة كما أنه يقوم بتدعيم الساق ويتكون من :

أ - الأوعية Vessels

يتركب الوعاء من سلسلة من خلايا اسطوانية طويلة تتصل نهاية كل منها بالأخرى ، وفى بداية التكوين تكسرت الجدر الأفقية لهذه الخلايا وبذلك أصبحت الخلايا متصلة الفتحات، وفى نفس



شكل (١)
قطاع تفصيلى يوضح التركيب الداخلى فى الساق والحزمة الوعائية كجهاز للنقل

الوقت تغلظ الجدار السليلوزى لها بمادة اللجنين غير المنفذة للماء والذائبات كما أن محتوياتها البروتوبلازمية قد ماتت وبذلك تكونت أنبوبة مجوفة وتوجد كثير من النقر فى الجدار حيث تركت بدون تغليظ علي الجدار الأولى وبذلك تسمح للماء بالمرور من داخل الوعاء إلى خارجه، كما يشاهد ببطانة الوعاء شرائط من اللجنين تأخذ عدة أشكال فمنها الحلزونى والدائرى ووظيفتها تقوية الوعاء وعدم تقوس جداره للداخل.

ب - القصيبات Tracheids

تشبه الأوعية إلا أنها فى القطاع العرضى تظهر بشكل خماسى أو سداسى وبدلا من أن تكون مفتوحة الطرفين نجد أن نهايتها مسحوبة الطرف ومثقبة بالنقر (شكل ٢)



(شكل ٢) الخشب

بارنشيما الخشب Xylem parenchyma عبارة عن صفوف من الخلايا توجد بين أوعية الخشب والحزم الوعائية فى الساق يتصل خشبها بخشب الجذر والورقة ويتصل لحاؤها بلحاء الجذر والورقة فتكون شبكة متصلة من أوعية النقل فى جميع أجزاء النبات.

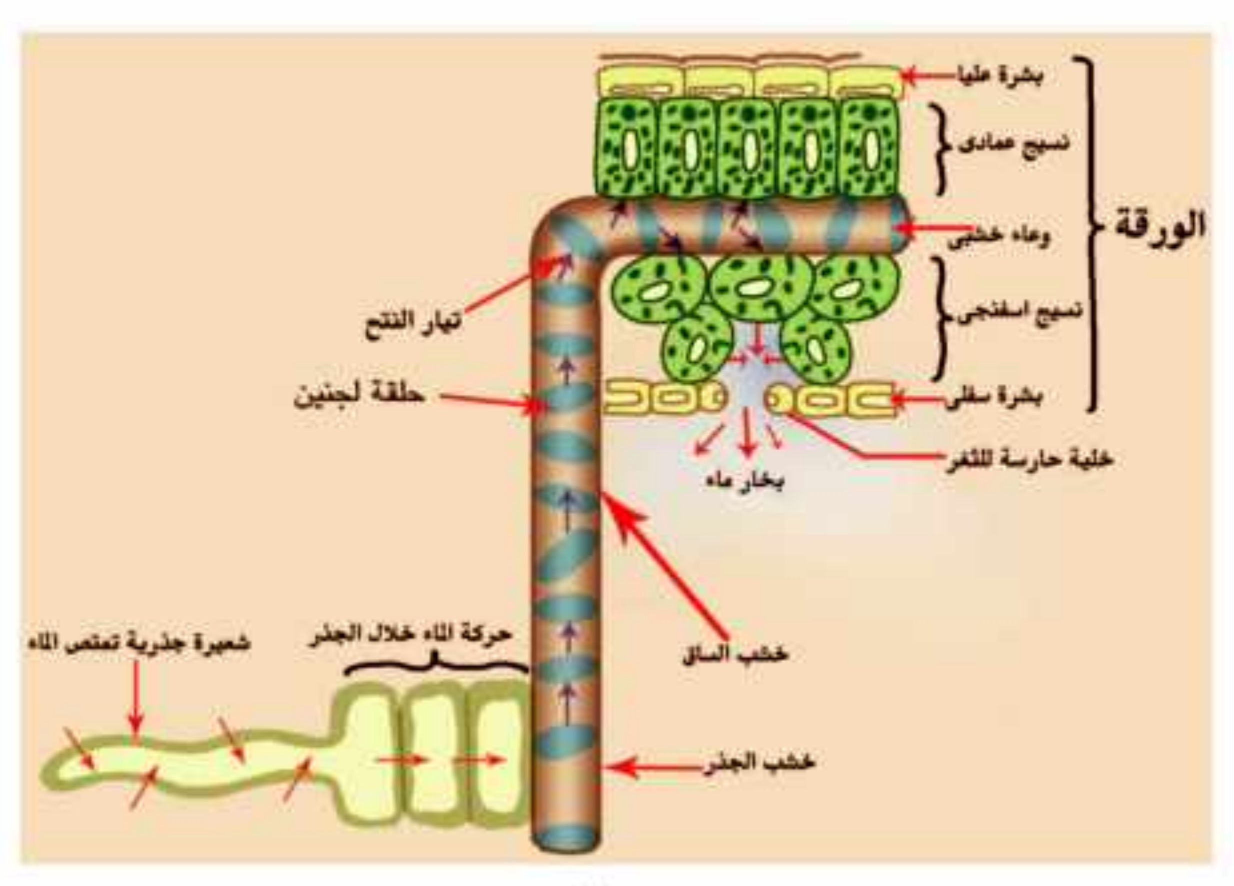
جـ - النخاع : Pith يوجد فى مركز الساق ويتكون من خلايا بارنشيمية للتخزين.

د - الأشعة النخاعية : Medullary rays

تمتد بين الحزم الوعائية وتصل بين القشرة والنخاع وخلاياها بارنشيمية .

أولا : آلية نقل الماء والأملاح من الجذر إلى الورقة :

يقوم الخشب بنقل الماء والأملاح من الجذر إلى الأوراق كما هو موضح بشكل «٣».



شكل (٣)
شكل تخطيطى يوضح صعود الماء فى أوعية الخشب

القوى التى تعمل علي صعود العصارة :

وضعت عدة نظريات لتفسير صعود الماء نورد منها مايلى :

١ - الضغط الجذرى Root pressure

إذا قطعت ساق نبات بالقرب من سطح التربة تلاحظ أن الماء يخرج من الساق المقطوعة وتسمى هذه الظاهرة **بالإدماء** ولاشك أن ذلك يتم بفعل قوة أو ضغط من الجذر نتيجة وجود امتصاص جذرى مباشر يرجع إلى الحركة الأسموزية للماء فى داخل أنسجة الجذر، وقد سبق لنا دراسة ذلك فى الفصل الأول.

ويندفع الماء لمسافة قصيرة عموديًا خلال أوعية الخشب إلى حد معين يتوقف بعدها نظرا لتساوى الضغط الجذرى مع ضغط عمود الماء فى أوعية الخشب المعاكس للضغط الجذرى .

وقد أثبتت التجارب أنه لايمكن تفسير صعود الماء إلى مسافات شاهقة فى الأشجار العالية علي أساس الضغط الجذرى إذ أنه فى أحسن الأحوال لايزيد عن ٢ ض جو كما أنه يكون معدوما فى النباتات عارية البذور كالصنوبر كما تتأثر هذه القوة بالعوامل الخارجية بسرعة.

٢ - خاصية التشرب Imbibition

قد سبق لنا دراسة هذه الخاصية . وعرفنا أن جدران الأوعية الخشبية التي تتكون من السليلوز واللجنين ذات الطبيعة الغروية لها القدرة علي تشرب الماء، وهذه الخاصية أثرها محدود جدا فى صعود العصارة حيث إن التجارب أثبتت أن العصارة تسير فى تجاويف أوعية الخشب وليس فقط خلال جدرانها ، وأهمية هذه الخاصية تنحصر فى نقل الماء خلال جدران الخلايا حتى تصل إلى جدران الأوعية الخشبية والقصيبات فى الجذر ومنه إلى باقى أجزاء النبات.

٣ - الخاصية الشعرية Capillarity

يرتفع الماء فى الأنابيب الضيقة بالخاصية الشعرية وبما أن أوعية الخشب من الأنابيب الضيقة التى يتراوح قطرها بين ٠,٢مم – ٠,٥ مم لذلك يرتفع الماء فى هذه الأوعية بالخاصية الشعرية . ولكن إذا علمت أن مدى ارتفاع الماء فى أضيق الأنابيب لايزيد على ١٥٠سم لذلك فإن الخاصية الشعرية تعتبر من القوى الثانوية الضعيفة لرفع العصارة.

٤ - نظرية التماسك والتلاصق وقوى الشد الناشئة عن النتح:

Transpiration - pull & Cohesive and adhesive forces

وضع أسس نظرية التماسك والتلاصق العالمان ديكسون وجولى عام ١٨٩٥.

وقد ثبت لعلماء فسيولوجيا النبات أن هذه القوى هى القوة الأساسية التى تعمل على سحب الماء فى الساق إلى مسافات شاهقة تصل إلى ١٠٠م وقد أثبت ديكسون وجولى أن الماء يسحب من قبل الورقة نتيجة استهلاك الماء فى عمليات الأيض« التحول الغذائى» والنتح والتبخر فى الأوراق ، وتتلخص النظرية فى أن عمود الماء يرتفع فى الأنابيب الخشبية بالقوى التالية :

أ – قوة تماسك جزيئات الماء بعضها ببعض داخل أوعية الخشب والقصيبات مما يفسر وجود عمود متصل من الماء.

ب – قوة التلاصق بين جزيئات الماء وجدران الأنابيب الخشبية التى تحافظ على أعمدة الماء معلقة باستمرار مقاومة لتأثير الجاذبية الأرضية .

جـ – جذب أعمدة الماء إلى أعلى بواسطة عملية النتح المستمرة فى الأوراق .

وقد ثبت أن للماء قوة شد عالية فى الأنابيب بشرط توفر مايلى :

أ – أن تكون الأنابيب شعرية.

ب – أن تكون جدران الأنابيب ذات خاصية التصاق مع الماء.

جـ – أن تخلو الأنابيب من الغازات أو فقاعات الهواء حتى لا ينقطع العمود المائى فيها والملاحظ أن هذه الشروط جميعها تتوافر في الأنابيب الخشبية.

والآن هل تستطيع تفسير عدم نجاح نقل بعض الشتلات من المشاتل لزراعتها فى الأرض المستديمة إذا تأخر زراعتها بعد النقل وتعرضت للشمس مدة طويلة ؟

وبناء على ما سبق يمكن توضيح مسار صعود العصارة من الجذر إلى الأوراق كمايلى:

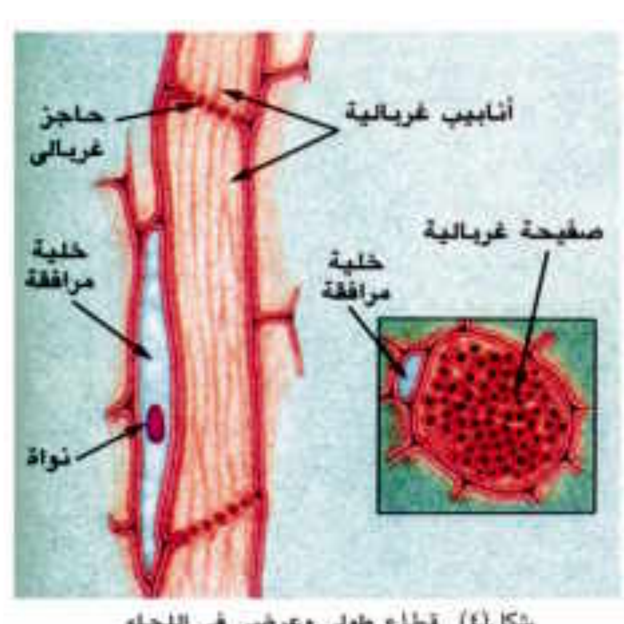
يقلل النتح الرطوبة فى الغرفة الهوائية للجهاز الثغرى فى الورقة فيزداد التبخر من خلايا النسيج الوسطى المحيط بغرفة الثغر فيقل امتلاؤها بالماء مما يرفع تركيز عصارتها ويؤدى إلى جذبها للماء من الخلايا المجاورة حتى أوعية الخشب في العروق الدقيقة فالكبيرة فالعرق الوسطى للورقة

فيقع الماء الموجود فى أوعية الخشب تحت قوة شد كبيرة فيرتفع الماء فى أوعية وقصيبات الساق والجذر المتصلة ببعضها ولا يقف الشد الورقى عند حد سحب الماء الذى وصل إلى الأسطوانة الوعائية فى الجذر بل ويساعد علي الشد الجانبى من الشعيرات الجذرية كذلك كما فى الشكل السابق« شكل ٣»

ثانيًا: نقل الغذاء الجاهز من الورقة إلى جميع أجزاء النبات:

ينقل اللحاء العصارة الناضجة « التى تتكون من المواد العضوية عالية الطاقة التى كونتها الورقة أثناء عملية البناء الضوئى» فى كل اتجاه إلى أعلى لكى تغذى البراعم والأزهار والثمار وإلى أسفل لكى تغذى الساق والمجموع الجذرى، فمم يتكون اللحاء وكيف يلائم وظيفته ؟

دور الانابيب الغربالية فى النقل:



شكل(٤) قطاع طولي وعرضي في اللحاء

يتكون اللحاء من خلايا تظهر مستطيلة فى القطاع الطولى وتعرف بالأنابيب الغربالية Sieve Tubes وهى تحتوى على خيوط سيتوبلازمية وليس بها أنوية ويرافق كل أنبوبة غربالية خلية مرافقة ذات نواة وتعمل علي تنظيم العمليات الحيوية للأنبوبة الغربالية بما تحتويه من قدر كبير من الريبوسومات والميتوكوندريا .

وتفصل الأنابيب الغربالية بعضها عن بعض جدران مستعرضة مثقبة تعرف بالصفائح الغربالية تتخلل ثقوبها خيوط السيتوبلازم « شكل ٤» وقد أثبتت التجارب دور الأنابيب الغربالية فى نقل المواد الغذائية الجاهزة إلى أجزاء النبات ومن هذه التجارب مايلى :

١ – أتاح العالمان رابيدن وبور عام ١٩٤٥ لورقة واحدة من نبات الفول القيام بالبناء الضوئى فى وجود CO_2 ويحتوى على الكربون المشع ^{14}C وبذلك تكونت مواد كربوهيدراتية مشعة أمكن تتبع مسارها فى النبات فوجد أنها تنتقل إلى أعلى وإلى أسفل فى الساق.

٢ – تمكن العالم متلر Mittler من جمع محتويات الأنابيب الغربالية للتعرف عليها بمساعدة حشرة المن Aphid التى تتغذى على عصارة النبات الناضجة حيث تغرس فمها الثاقب في أنسجة النبات فيخترقها حتى يصل إلى الأنابيب الغربالية ومن ثم يتدفق الغذاء عبر فمها إلى معدتها وعندما فصل جسم الحشرة كله عن فمها وهى تتغذى ، أمكن جمع عينة من محتويات الأنابيب الغربالية وبعد تحليلها ثبت أنها مكونة من المواد العضوية التى تصنع فى الأوراق « سكر قصب وأحماض أمينية » وتحقق أن هذه هى عصارة اللحاء بأن عمل قطاعا فى المنطقة المغروس فيها خرطوم الحشرة فظهر أنه مغروس فى أنبوبة غربالية من لحاء النبات.

آلية انتقال المواد العضوية فى اللحاء:

فى عام ١٩٦١ استطاع العالمان ثاين وكانى Thain & Canny رؤية خيوط سيتوبلازمية طويلة محملة بالمواد العضوية داخل الأنبوبة الغربالية وتمتد هذه الخيوط من أنبوبة إلى أخرى عبر ثقوب الصفائح الغربالية.

وبذلك أمكن تفسير آلية انتقال المواد العضوية فى اللحاء على أساس الأنسياب السيتوبلازمى أى حركة السيتوبلازم حركة دائرية داخل الأنابيب الغربالية والخلايا المرافقة فأثناء ذلك تنتقل المواد العضوية من طرف الخلية إلى الطرف الآخر ثم تمر إلى أنبوبة غربالية مجاورة عن طريق الخيوط السيتوبلازمية التى تمر من أنبوبة إلى أخرى.

وقد ثبت للعلماء أن عملية النقل فى اللحاء عملية نشطة يلزمها مواد ناقلة للطاقة ATP والتى تتكون بوفرة فى الخلايا المرافقة وتنتقل عبر البلازموديزما التي تصل سيتوبلازم الخلية المرافقة بسيتوبلازم الأنبوبة الغربالية .

ومما دعم ذلك أن ثبت بالتجربة أن عملية النقل فى اللحاء تبطئ عند خفض درجة الحرارة أو نقص الأكسجين فى الخلايا مما يبطئ من حركة السيتوبلازم وانسيابه فى الأنابيب الغربالية.



جهاز النقل فى الإنسان
Human Transport System

تتم عملية النقل فى جسم الإنسان عن طريق جهازين متصلين ببعضهما اتصالا وثيقا وهما :

أ – الجهاز الدورى　　　　ب – الجهاز الليمفاوى

الجهاز الدورى : Circulatory system

يتركب هذا الجهاز من القلب والأوعية الدموية التى يمر فيها الدم وتتصل هذه الأوعية فى حلقة متكاملة أى أن الجهاز من النوع المغلق.

١ - القلب Heart:

هو عضو عضلى أجوف يقع داخل التجويف الصدرى ويميل قليلًا إلى اليسار ويحيط به غشاء التامور الذى يوفر الحماية للقلب ويسهل حركته.

ينقسم القلب إلى أربع حجرات منها حجرتان تستقبلان الدم وهما الأذينان Auricles وجدرانهما عضلية رقيقة وحجرتان توزعان الدم وهما البطينان ventricles وجدرانهما عضلية سميكة .

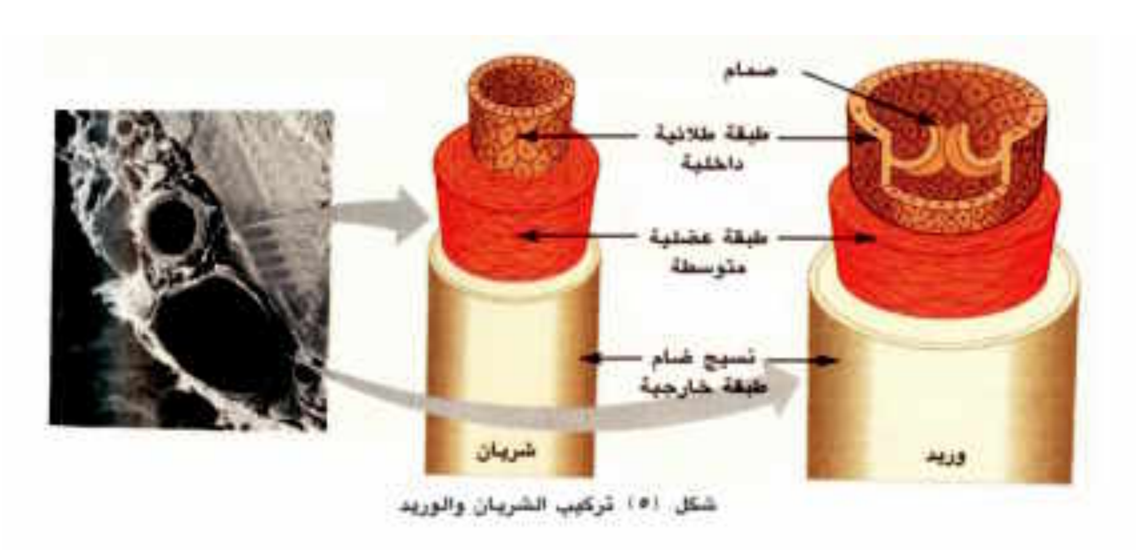
وينقسم القلب طوليا إلى قسمين أيمن وأيسر بحواجز عضلية ويتصل كل أذين بالبطين المقابل له عن طريق فتحة يحرسها صمام له شرفات رقيقة تسمح للدم بالمرور من الأذين إلى البطين المقابل له فى اتجاه واحد ، والصمام الأيمن ذو ثلاث شرفات أما الأيسر فذو شرفتين كما توجد صمامات هلالية عند اتصال القلب بالشريان الرئوى والأورطى ويقوم القلب بالإنقباض والانبساط بطريقة منتظمة مدى الحياة.

٢ - الأوعية الدموية Blood Vessels

أ - الشرايين Arteries

هى الأوعية التى يتجه فيها الدم من القلب إلى أجزاء الجسم ، وجدار الشريان يتكون من ثلاثة طبقات ، تتكون الخارجية منها من نسيج ضام أما الطبقة الوسطى فهى سميكة وتتكون من عضلات غير إرادية يتحكم فى انقباضها وانبساطها ألياف عصبية ، أما بطانة الشريان فتتكون من صف واحد من خلايا طلائية رقيقة تعلوها ألياف مرنة تعطى الشريان المرونة اللازمة لإندفاع الدم بداخله

أثناء إنقباض البطينين والشرايين توجد عادة مدفونة وسط عضلات الجسم وهى تحمل دما مؤكسجا ما عدا الشريان الرئوى الذى يخرج من البطين الأيمن حاملا دما غير مؤكسج إلى الرئتين.



شكل (٥) تركيب الشريان والوريد

ب – الأوردة Veins وهى الأوعية التى يتجه فيها الدم إلى القلب ، ويتركب جدار الوريد من نفس الطبقات الثلاث التى يتركب منها جدار الشريان إلا أن الألياف المرنة نادرة وسمك الطبقة الوسطى أقل وعلى ذلك فجدار الوريد أقل سمكا وهو غير نابض وتوجد فى بعض الأوردة صمامات تسمح للدم بالمرور فى اتجاه القلب ولا تسمح برجوعه مثل أوردة الأطراف القريبة من سطح الجلد ويمكن مشاهدة مواضع هذه الصمامات فى أوردة الذراع عند ربطه برباط ضاغط عند قاعدته مثلما فعل وليم هارفى الطبيب الإنجليزى الذى درس الدورة الدموية فى القرن السابع عشر بعد أن اكتشفها الطبيب العربى ابن النفيس فى القرن العاشر ، وتحمل الأوردة الدم غير المؤكسج ما عدا الأوردة الرئوية التي تفتح فى الأذين الأيسر فهى تحمل دمًا مؤكسجًا.

ج – الشعيرات الدموية Capillaries هى أوعية دقيقة مجهرية تصل بين التفرعات الشريانية الدقيقة (الشرينات) Arterioles والتفرعات الوريدية الدقيقة (الوريدات) Venules (شكل ٦) وقد اكتشف هذه الحقيقة العالم الإيطالى مالبيجى فى أواخر القرن السابع عشر فكمل عمل هارفى ويصل قطر الشعيرة من ٧ إلى ١٠ ميكرون وجدرانها رقيقة جدا مكونة من طبقة خلوية



شكل (٦) يوضح اتصال الشرينات بالوريدات



واحدة، وهى صف واحد من خلايا طلائية رقيقة وتوجد ثقوب دقيقة بين هذه الخلايا ، ويبلغ سمك الجدار حوالى ٠,٠٠٠٠١ من المليمتر وهذا يساعد علي التبادل السريع للمواد بين الدم وخلايا الأنسجة وتنتشر الشعيرات الدموية فى الفراغات بين خلايا جميع انسجة الجسم حيث تمد جميع الخلايا باحتياجاتها.

٣ - الدم Blood

سبق لك فى الصف الأول ان عرفت أن الدم نسيج ضام سائل يحتوى على خلايا دموية حمراء وأخرى بيضاء بجانب الصفائح الدموية «شكل ٧» وتسمى المادة الخلالية فيه بالبلازما ، والدم هو الوسط الأساسى فى عملية النقل وهو سائل أحمر لزج، ويوجد فى جسم الإنسان فى المتوسط من ٥ إلى ٦ لترات من الدم، وهو قلوى ضعيف «pH٧,٤» ويتكون الدم من :

أ - البلازما Plasma

تمثل ٥٤٪ من حجم الدم وتتكون من :

ماء (٩٠٪) وأملاح غير عضوية (١٪) مثل أملاح Na^+ ، Cl^- ، $(HCO_3)^-$ ، Ca^{++} وبروتينات (٧٪) مثل الألبيومين والجلوبيولين والفيبرينوجين ومواد أخرى (٢٪) مثل : نواتج الهضم (سكريات وأحماض أمينية) وهرمونات وإنزيمات وأجسام مضادة وفضلات (يوريا).

ب - كريات الدم الحمراء (Red blood corpuscles)Erythrocytes(RBCs)

هى من أكثر الخلايا انتشارا فى الدم يحتوى الجسم على ٤ إلى ٥ مليون خلية لكل ملليمتر^3 من الدم فى الرجل البالغ ومن ٤ إلى ٤,٥ مليون خلية لكل ملليمتر^3 فى الأنثى البالغة وعمر كل واحد منها لايزيد على أربعة شهور وهى تمر فى الجسم طيلة هذه الفترة داخل الدورة الدموية ١٧٢,٠٠٠ مرة.

تتكون الكريات الحمراء لدى الإنسان البالغ داخل نخاع العظام وكريات الدم الحمراء مستديرة مقعرة الوجهين وعديمة الأنوية وهى تحتوى على كميات كبيرة من مادة كيماوية تسمى الهيموجلوبين، تتكون من البروتين والحديد ، والهيموجلوبين لونه أحمر وهو الذى يمنح الدم لونه.

ويتحد الهيموجلوبين بالأكسجين الموجود فى الرئتين لتتكون مادة جديدة تسمى الأوكسى هيموجلوبين ولونها أحمر فاتح وإتحاد الهيموجلوبين بالأكسجين يمكن الكريات الحمراء من

نقل الأكسجين إلى كافة أنحاء الجسم حيث يتخلى عن الأكسجين الموجود فيه ويتحول ثانية إلى هيموجلوبين الذى يتحد مع ثانى أكسيد الكربون متحولا إلى مادة كاربامينو هيموجلوبين لونها أحمر قاتم لذلك فإن الدم المتدفق من جرح فى الشريان الذى يحتوى على الأكسجين يكون لونه فاتحًا أكثر من لون الدم الموجود فى الوريد .

شكل (٧) مكونات الدم

تتكسر الكريات الحمراء فى الكبد والطحال ، وفى النخاع العظمى عند إنتهاء عمرها القصير، وتحل كريات جديدة محلها.

حيث تتكون مائة مليون كرية دم حمراء جديدة كل دقيقة ويقوم الجسم باسترجاع البروتينات الموجودة فى الكريات القديمة ويستعملها فى تكوين العصارة الصفراوية التى تلعب دورًا فى عملية هضم الدهون.

جـ - كريات الدم البيضاء : (White blood corpuscles) Leucocytes(WBCs)

هناك نوع آخر من الخلايا المنتشرة فى الدم يسمى كريات الدم البيضاء ، وتوجد أنواع مختلفة من الكريات البيضاء ، ولكل نوع وظيفة خاصة ويبلغ عدد كريات الدم البيضاء سبعة آلاف خلية لكل ملليمتر^{٣} من الدم ويزيد عددها فى وقت المرض.

والدور الأساسى للكريات البيضاء هو الدفاع عن الجسم، فهى تقوم بمهاجمة الميكروبات وتعطل المواد الغريبة التي تقوم الميكروبات بانتاجها فى الدم ، كما تقوم بابعاد الخلايا الميتة والفضلات الأخرى وكريات الدم البيضاء عديمة اللون لا تملك شكلا خاصا وتتحرك فى الجسم بلا انقطاع

وتنساب علي طول جدران الأوعية الدموية ، كما أنها قادرة على التغلغل بين خلايا جدار الشعيرات الدموية وهناك أنواع معينة من الكريات البيضاء تقوم بانتاج الأجسام المضادة وبعضها يهاجم الميكروبات ويحيط بها ويبتلعها.

تعيش بعض انواع الكريات البيضاء من ١٣ – ٢٠ يومًا وتتكون في النخاع العظمى خلايا جديدة باستمرار وكذلك فى الطحال وفي الجهاز الليمفاوى.

د - الصفائح الدموية Blood Platelets

هى جسيمات صغيرة غير خلوية ، وتنشأ من نخاع العظام وهى تتجدد بصورة مستمرة حيث يبلغ عمرها حوالي عشرة أيام ويبلغ حجم الصفيحة ربع حجم الكرية الحمراء وعدد الصفائح ٢٥٠ ألف لكل ملليمتر ^{٣} وتلعب الصفائح دورا فى تجلط الدم بعد الجرح.

وظائف الدم :

١ – نقل المواد الغذائية المهضومة والأكسجين وثانى أكسيد الكربون والهرمونات وبعض الإنزيمات النشطة أو الخاملة والمواد النيتروجينية الإخراجية.

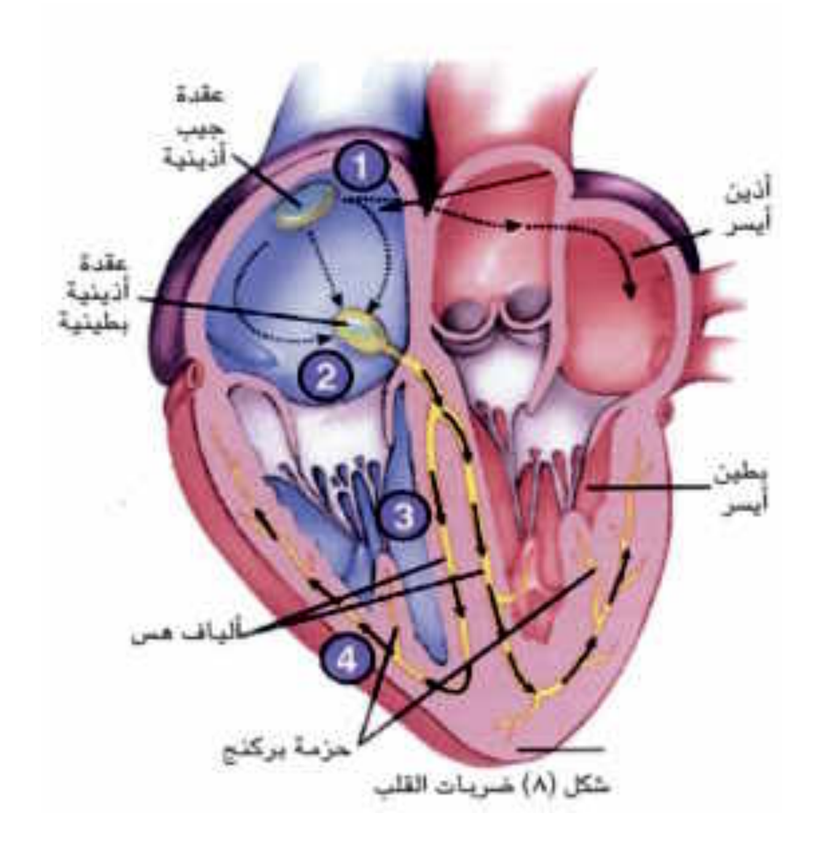
٢ – تنظيم عمليات التحول الغذائية وتنظيم درجة حرارة الجسم عند ٣٧^{o}م وتنظيم البيئة الداخلية للجسم مثل الحالة الأسموزية وكمية الماء ودرجة الحموضة فى الأنسجة.

٣ – حماية الجسم من غزو الجراثيم والكائنات المسببة للأمراض وذلك عن طريق كريات الدم البيضاء.

٤ – حماية الدم نفسه من عملية النزف بتكوين الجلطة الدموية.

ضربات القلب Heart beats:

تنبع ضربات القلب الإيقاعية المنتظمة من داخل نسيج عضلة القلب نفسها فهى ذاتية الحركة وقد ثبت أن القلب يستمر فى الانقباض المنتظم حتى بعد أن يفصل تمامًا من الجسم وينفصل عن الأعصاب المتصلة به. فما منشأ هذا الإيقاع المنتظم لخفقان القلب؟



شكل (٨) ضربات القلب

توجد ضفيرة متخصصة من ألياف عضلية مدفونة فى جدار الأذين الأيمن قريبة من مكان اتصاله بالأوردة الكبيرة وهى تسمى بالعقدة الجيب أذينية Sino–atrial node ويمكن اعتبارها منظم لدقات القلب Pacemaker وهذه العقدة تطلق إثارة الانقباض تلقائيا فتثير عضلات الآذينين للإنقباض وعندما تصل الموجة الكهربائية العصبية إلى العقدة الثانية الموجودة عند اتصال الأذينين بالبطينين وهى العقدة الأذينية البطينية Atrio–Ventricular node تنتقل منها الإثارة بسرعة عبر ألياف هس Hess ثم تنتشر من الحاجز بين البطينين إلى جدار البطينين عبر حزمة بركنج Perking فتثير عضلاتهما للانقباض كما هو موضح بشكل (٨) .

والعقدة الأولى أى المنظم تنبض بالمعدل الطبيعى ٧٠ دقة / دقيقة وهى تتصل بعصبين الأول وهو العصب الحائر يخفض من معدلها والثانى وهو العصب السمبتاوى يزيد هذا المعدل. وبذلك يمكن أن تتغير عدد دقات القلب حسب الحالة الجسمية أو النفسية. فمثلا أثناء النوم ينخفض معدل ضربات القلب ثم يرتفع تدريجيا بعد الاستيقاظ كما يقل معدل ضربات القلب فى حالات الحزن ويزداد فى حالات الفرح وكذلك فى حالة بذل جهد جسمانى عنيف.

مطابع الدار الهندسية/زهراء المعادي

ويمكن أن نميز فى دقات القلب صوتين أحدهما غليظ وطويل ويرجع إلى غلق الصمامين بين الأذينين والبطينين عند الانقباض ثم صوت ثان حاد وأقصر من الأول وينشأ نتيجة لإغلاق صمامي الأورطى والشريان الرئوى عند انبساط البطينين .

وفى مدى العمر العادى للإنسان يدق القلب فى المتوسط ٧٠ دقة فى الدقيقة فيضخ ٥ لتر دم فى كل دقيقة وهى تعادل كل الدم فى الجسم.

ضغط الدم:

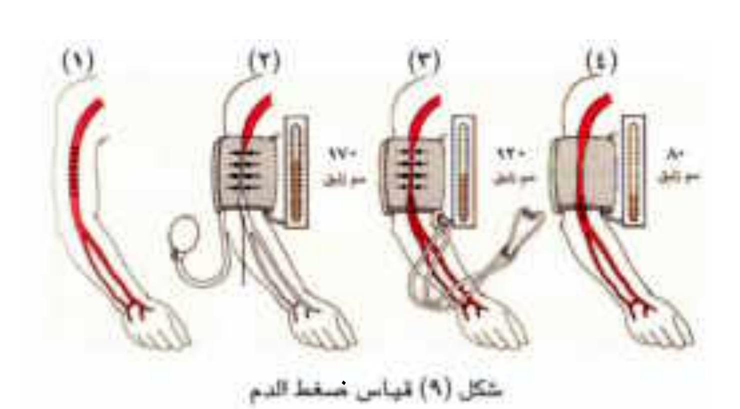
ينتقل الدم إلى الجسم بواسطة عملية نبض القلب حيث يجرى الدم بسهولة فى الشرايين والأوردة ولكى يمر فى الشعيرات الدموية الميكروسكوبية يكون في حاجة لضغطه فالدم سائل لزج وكثيف، لذلك فإنه لا يمر بسهولة فى هذه القنوات الدقيقة.

وبسبب هذه المقاومة يرتفع الضغط فى شبكة الشرايين عندما ينبض القلب. وأعلى ارتفاع لضغط الدم يكون فى الشرايين القريبة من القلب ويصل إلى ذروته مع تقلص البطينين أى أن هناك مقياسين لضغط الدم. الحد الأقصى عند تقلص البطينين والحد الأدنى يكون عند ارتخاء البطينين.

يمكن قياس ضغط الدم بواسطة جهاز يسمى مقياس ضغط الدم «جهاز الزئبق» الذى يعطى رقمين مثل ١٢٠ / ٨٠ مم زئبق وهو ضغط الدم العادى لدى الإنسان الشاب الطبيعي ويدل الرقم ١٢٠ على ضغط الدم عند إنقباض البطينين والرقم ٨٠ على ضغط الدم عند انبساط البطينين. ويقل ضغط الدم كلما ابتعدنا عن الشرايين القريبة من القلب حتى نصل إلى أدنى معدل لها فى الشعيرات الدموية والأوردة «١٠ مم زئبق» وعلى ذلك فإن رجوع الدم فى الأوردة يعتمد على الصمامات الموجودة بها والعضلات التى تحيط بتلك الأوردة.

يرتقع ضغط الدم رويدًا رويدًا مع مرور السنين وقد يصل إلى حالة خطيرة إذا لم يعالج ضغط الدم.

يتكون جهاز مقياس ضغط الدم، شكل (٩) من أنبوبة زئبقية ولوحة رقمية



شكل (٩) قياس ضغط الدم

يتم معرفة ضغط الدم حسب ارتفاع الزئبق فى الأنبوبة ويستدل عليه من الرقم الموجود على اللوحة، حيث يصغى الطبيب أو الممرضة بواسطة السماعة لصوت النبض، ويتم تحديد الرقم الدال على إنقباض، البطينين عندما يسمع الطبيب صوت النبض، ويتم تحديد الرقم الدال على إنبساط البطينين عندما يختفى هذا الصوت.

يمكن قياس ضغط الدم عندما ينبض القلب وكذلك بين نبضة وأخرى. كما توجد بعض الأجهزة الرقمية لقياس ضغط الدم، ولكنها لا تكون فى دقة جهاز الزئبق.

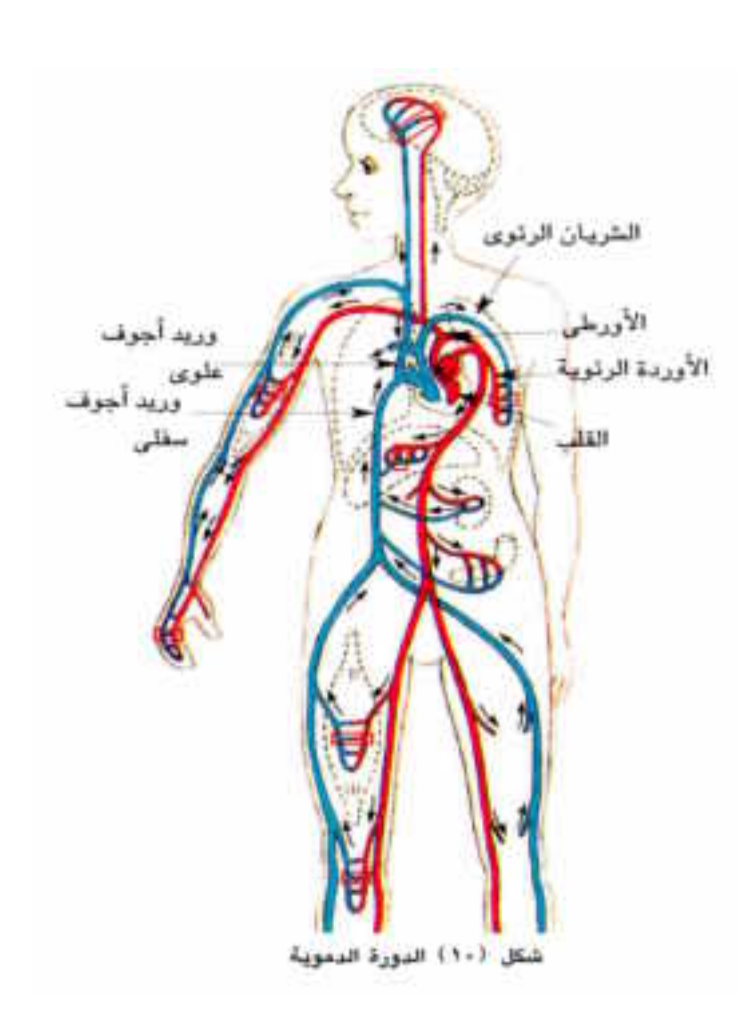
الدورة الدموية :

يمكن تقسيم الدورة الدموية فى الإنسان إلى ثلاثة مسارات رئيسية:

١ - الدورة الرئوية «الصغرى»

Pulmonary circulation

تبدأ من البطين الأيمن وتنتهى فى الأذين الأيسر، فعندما ينقبض البطين الأيمن يقفل الصمام ثلاثى الشرفات فتحة الأذين الأيمن ويندفع الدم غير المؤكسج فى الشريان الرئوى. يعمل الصمام الرئوى على منع رجوع الدم إلى البطين الأيمن.



شكل (١٠) الدورة الدموية

يتفرع الشريان الرئوى إلى فرعين يتجه كل منهما إلى رئة ويتفرع في أنسجتها إلى عدة تفرعات تنتهى بشعيرات دموية تنتشر حول الحويصلات الهوائية. ويتم عندها تبادل الغازات فيخرج من الدم ثانى أكسيد الكربون وبخار الماء ويحمل الأكسجين إلى الدم

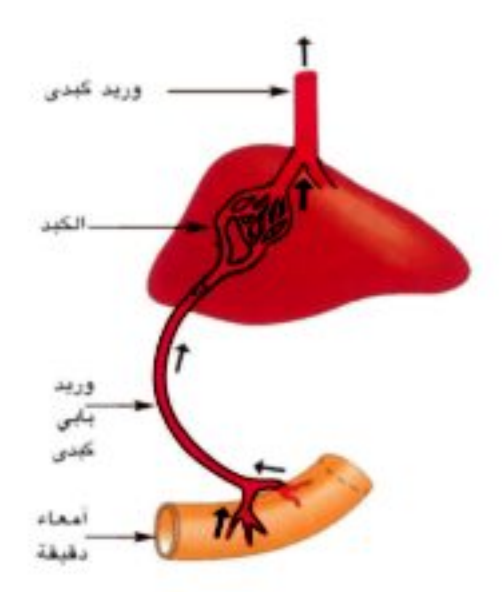
فيصبح مؤكسجا. ويعود من الرئتين داخل أربعة أوردة رئوية «وريدان من كل رئة» يفتح كل منها فى الأذين الأيسر. وعند انقباضه يمر الدم إلى البطين الأيسر ويعمل الصمام ثنائى الشرفات على منع رجوع الدم إلى الأذين الأيسر.

٢ - الدورة الجهازية «الجسمية الكبرى» Systemic circulation

تبدأ من البطين الأيسر وتنتهى فى الأذين الأيمن فعندما ينقبض البطين الأيسر بعد امتلائه بالدم المؤكسج يقفل الصمام ثنائى الشرفات فتحة الأذين الأيسر فيندفع الدم إلى الأورطى ويعمل الصمام الأورطى على منع رجوع الدم إلى البطين الأيسر.

ويتفرع الأورطى «الشريان الأبهر» إلى عدة شرايين يتجه بعضها إلى الجزء العلوى من الجسم والبعض الآخر يتجه إلى الجزء السفلى، وتتفرع الشرايين إلى فروع أصغر فأصغر تنتهى بشعيرات دموية تنتشر خلال الأنسجة بين الخلايا وتوصل إليها ما يحمله الدم من أكسجين وماء ومواد غذائية ذائبة. ثم تنتشر المواد الناتجة من عمليات الهدم كأكسدة السكر والدهن مثل ثانى أكسيد الكربون خلال جدران الشعيرات الدموية وتصل إلى الدم فيتغير لونه من الأحمر الفاتح إلى الأحمر القاتم ويسمى بالدم غير المؤكسج.

تتجمع الشعيرات الدموية وتكون أوعية أكبر فأكبر تعرف بالاوردة ثم تصب الأوردة الدم غير المؤكسج في الوريدين الأجوفين العلوى والسفلى اللذين يصبان الدم فى الأذين الأيمن وعند امتلائه بالدم تنقبض جدرانه فيحمل الدم إلى البطين الأيمن، الذى يمتلئ بالدم غير المؤكسج. والجدير بالذكر أن انقباض الجانب الأيمن للقلب يتم فى نفس الوقت مع إنقباض الجانب الأيسر له وبذلك يضخ الدم غير المؤكسج من البطين الأيمن فى نفس الوقت الذي يضخ فيه الدم المؤكسج من البطين الأيسر.



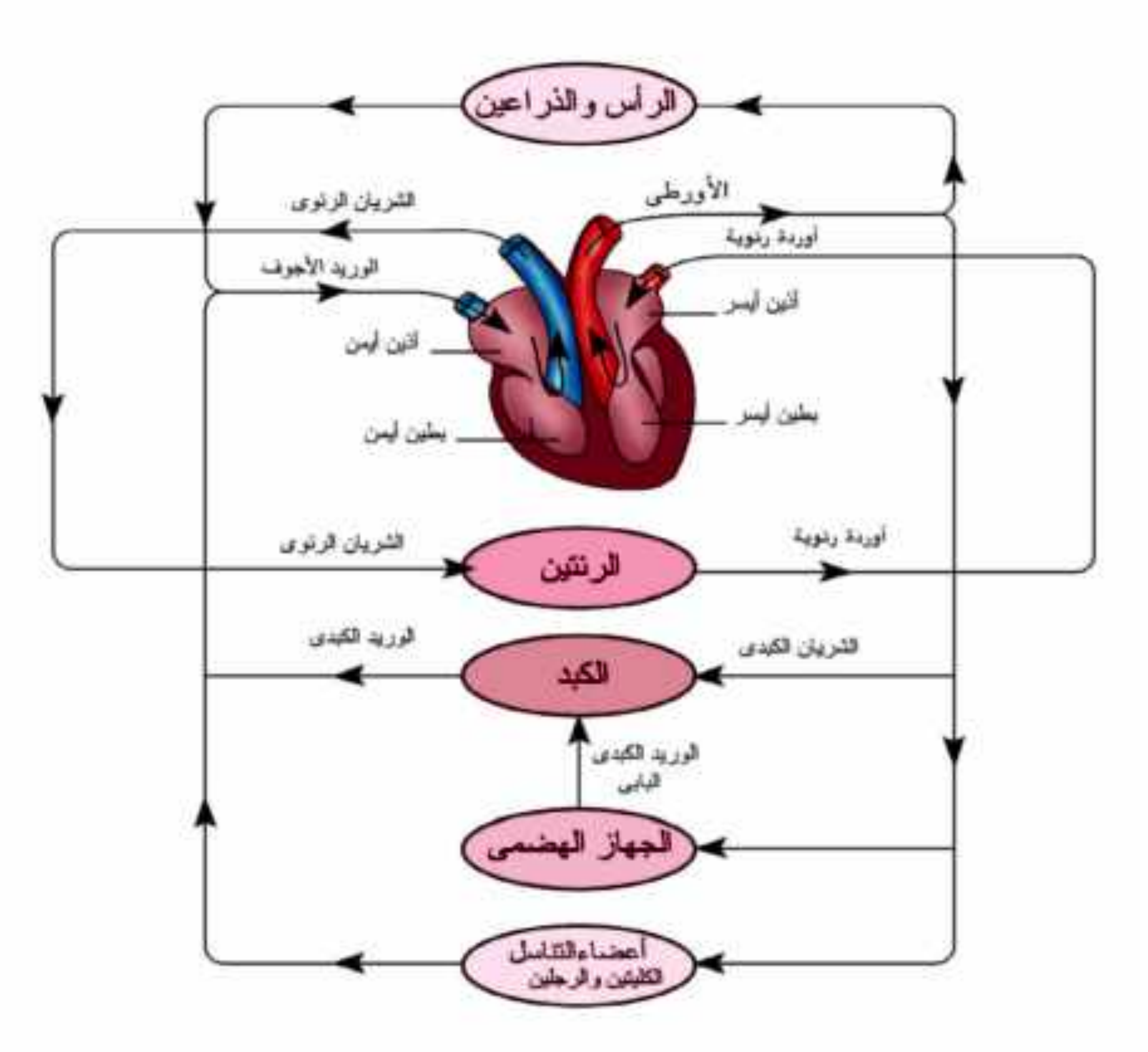
شكل (١١) الدورة البابية

٣ - الدورة الكبدية البابية Hepatic Portal Circulation

بعد عملية امتصاص الجلوكوز والأحماض الأمينية بواسطة خملات الأمعاء الدقيقة تنتقل هذه المواد إلى الشعيرات الدموية التى توجد داخل الخملات، وهذه الشعيرات تتجمع في

أوردة أكبر فأكبر حتى تصب محتوياتها فى الوريد الكبدى البابى والذى ترد إليه أيضا أوردة من البنكرياس والطحال والمعدة.

يتفرع الوريد البابى عند دخوله الكبد إلى أفرع صغيرة تنتهى بشعيرات دموية دقيقة ترشح خلال جدرانها بعض المواد الغذائية الزائدة عن حاجة الجسم فيحدث لها بعض التحولات فى الكبد ثم تتجمع الشعيرات الدموية لتكون الوريد الكبدى الذي يخرج من الكبد ليصب محتوياته في الجزء العلوى من الوريد الأجوف السفلى قرب دخوله الأذين الأيمن.



شكل (١٢) شكل تخطيطى للدورة الدموية

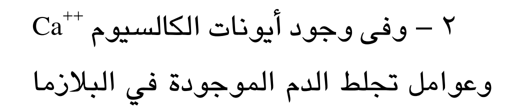
الجلطة الدموية Blood Clot

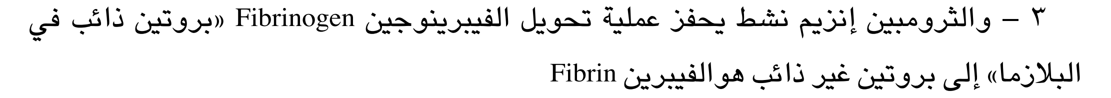

شكل (١٣) الجلطة الدموية

عند قطع أوتمزق الأوعية الدموية فإن الدم يسارع إلي التجلط ليحمى نفسه من النزيف الذي يفقده كمية كبيرة من الدم، وقد يؤدى ذلك إلى صدمة يعقبها الموت.

وفيما يلى آلية تكوين الجلطة :

١ – عندما يتعرض الدم للهواء أو يحتك بسطح خشن مثل الأوعية والخلايا الممزقة فإن الصفائح الدموية تقوم مع الخلايا التالفة فى منطقة الجرح بتكوين مادة بروتينية تسمى ثرومبوبلاستين Thromboplastin.


٢ – وفى وجود أيونات الكالسيوم Ca^{++} وعوامل تجلط الدم الموجودة في البلازما فإن الثرومبوبلاستين يحفز تحويل البروثرومبين Prothrombin «بروتين يفرزه الكبد بمساعدة فيتامين K ويصبه في الدم»، إلى ثرومبين Thrombin


٣ – والثرومبين إنزيم نشط يحفز عملية تحويل الفيبرينوجين Fibrinogen «بروتين ذائب في البلازما» إلى بروتين غير ذائب هوالفيبرين Fibrin

٤ – يترسب الفيبرين على شكل خيوط متشابكة تتجمع فيها خلايا الدم فيكوِّن الجلطة التى تسد فتحة الوعاء الدموى المقطوع وهكذا يتم وقف النزف كما هو موضح بشكل (١٣).

لماذا لا يتجلط الدم داخل الأوعية الدموية؟

لا يتجلط الدم داخل الأوعية الدموية ما دام سريان الدم يجرى بصورة طبيعية فلا تبطئ سرعته ومادامت الصفائح الدموية تنزلق بسهولة داخل الأوعية الدموية فلا تتفتت ومادام هناك مادة الهيبارين التى يفرزها الكبد والتى تمنع تحويل البروثرومبين إلى ثرومبين،

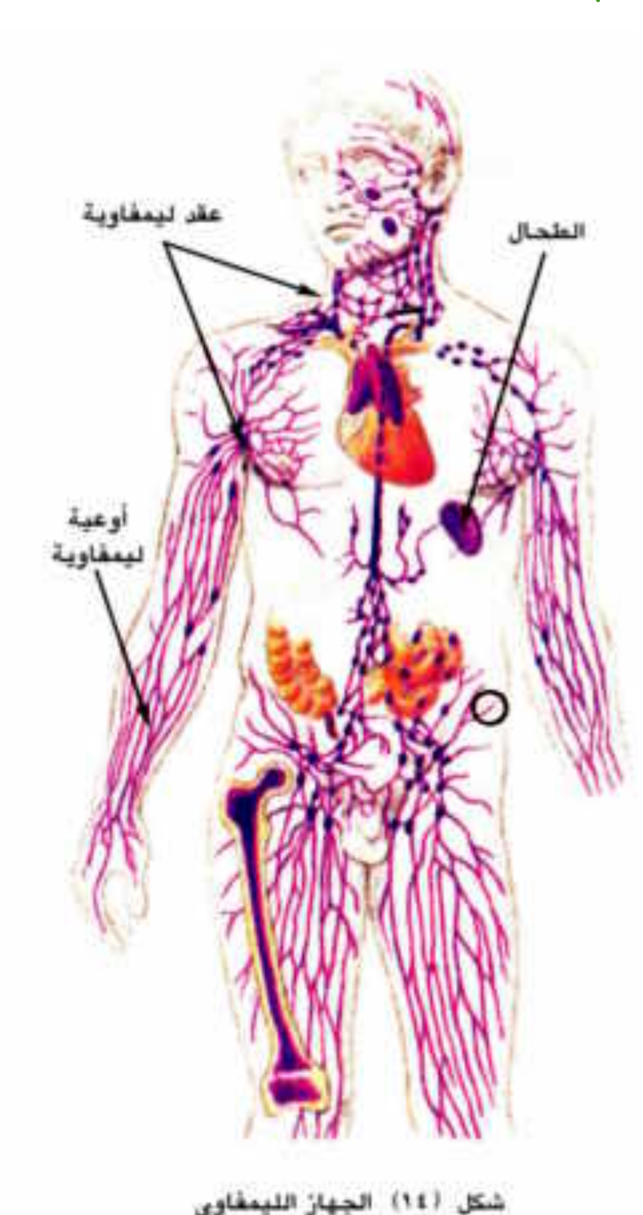
وفيما يلى تخطيط مبسط لآلية تكوين الجلطة:

١ – صفائح دموية + خلايا محطمة $\xrightarrow{\text{عوامل التجلط فى الدم}}$ ثرومبوبلاستين

٢ – بروثرومبين $\xrightarrow[\text{عوامل التجلط } +ca^{++}]{\text{ثرومبوبلاستين}}$ ثرومبين

٣ – فيبر ينوجين $\xrightarrow{\text{ثرومبين}}$ فيبرين

الجهاز الليمفاوى Lymphatic System



شكل (١٤) الجهاز الليمفاوى

يعتبر الجهاز الليمفاوى هوالجهاز المناعى لجسم الإنسان لقدرته الدفاعية وإنتاج الأجسام المضادة المسئولة عن إكساب الجسم المناعة.

يتكون الجهاز الليمفاوى شكل (١٤)، من عدد كبير من الأوعية الليمفاوية تعمل على تجمع سائل يترشح من بلازما الدم أثناء مروره فى الأوعية الدموية ويحتوى على جميع مكونات البلازما بالإضافة إلى عدد كبير من خلايا الدم البيضاء ويعرف هذا السائل بالليمف بيتم إعادته إلى الجهاز الدورى عن طريق الوريد الأجوف العلوى.

يمر الليمف عبر مصاف تسمى العقد الليمفاوية والتى توجد على مسافات معينة بطول الأوعية الليمفاوية، وتعمل تلك العقد على القضاء على الميكروبات بما تنتجه من كريات الدم البيضاء ويعتبر الطحال من أهم الأعضاء الليمفاوية بالجسم.

الأنشطة العملية

- فحص (قطاع عرضى)فى ساق نبات دوار الشمس ذو الفلقتين .
- تجارب عرض لتوضيح النقل فى النبات الراقى «تجربة لإثبات دور الخشب فى نقل الماء»
- تشريح قلب خروف للتعرف على أجزاءه.

فحص قطاع عرضى فى ساق نبات «ذى الفلقتين» دوار الشمس

المواد والأدوات اللازمه:

١ - شريحة مجهزة لقطاع عرضى فى ساق نبات «دوارالشمس»

٢ - ميكروسكوب مركب.

الإرشادات

١ - افحص الشريحة المجهزة للقطاع تحت المجهر بالشيئية الصغرى وتبين مواضع الأنسجة الرئيسية للقطاع وهى البشرة والقشرة والأسطوانة الوعائية وما بها من حزم وعائية وعددها وترتيب البريسيكل واللحاء والخشب فى كل منها ثم النخاع والأشعة النخاعية.

ارسم شكلا تخطيطيا لما تراه موضحا عليه البيانات.

٢ - افحص بالشيئية الكبرى كل نسيج من الأنسجة السابقة مع ملاحظة ما يأتى:

أ - البشرة : ماشكل خلاياها؟ وهل عليها كيوتين ؟ وهل عليها شعيرات سطحية؟ وهل بها ثغور ومسافات بينية؟

ب - القشرة؛ ماعدد طبقاتها؟ وهل جميع خلاياها متشابهة الشكل، والنوع؟ وما مدى اتساع القشرة بالنسبة للقطاع؟ وهل توجد بها مسافات بينية؟ وما شكل خلايا آخر طبقاتها؟ وهل توجد بها حبيبات نشا؟

تابع الأنشطة العملية

ج – البريسيكل: مانوع خلاياه؟ وما سمك جدرانها؟

د – اللحاء: مانوع خلاياه؟

هـ – الكمبيوم: ماشكل خلاياه؟ من كم صف يتركب؟

و– الخشب: ما نوع خلاياه وما وضع الخشب الأولى، والخشب الثانوى بالنسبة لمركز القطاع؟

ز – الأشعة النخاعية: أين توجد وما شكل خلاياها؟ وهل بها مسافات؟

ح – النخاع : ما نوع خلاياه؟ كم عدد صفوف خلاياه؟ ارسم شكلا تفصيليا لجزء من القطاع موضحا عليه البيانات.

مطابع الدار الهندسية/زهراء المعادي

أسـئلة

س١- ماذا يحدث لضربات القلب فى الحالات الآتية:

أ ـــ أثناء النوم ب– بعد الاستيقاظ من النوم

ج – عند انفعالات الفرح د – عند بذل مجهود ضعيف هـ – عند الحزن

س٢ - اكتب نبذة مختصرة عن كل مما يأتى:

أ – الكامبيوم. ب – العقدة الجيب أذينية ج – خلايا الدم البيضاء

س٣- اذكرمكان ووظيفةكل ممايأتى:

أ – القصيبات ب – النقر ج – غشاء التامور

د- الكيوتين هـ – الهيموجلوبين و– العقدة الأذينية البطينية

س٤ - يوجد فى النباتات خلايا ترتبط بوظيفة النقل:

أ – اذكر اسم هذه الخلايا

ب – حدد نوعية المواد التى تنتقل خلال هذه الخلايا

ج – حدد اتجاه النقل فى كل من هذه الخلايا

س٥ - يمتص نبات الفول الماء والأملاح المعدنية بواسطة الجذور ويحصل أيضا على ثانى أكسيد الكربون عن طريق الثغور:

أ – حدد المكان الذى يحدث فيه انتشار غاز ثانى أكسيد الكربون

ب – تتبع المسار الذي يسلكه الماء والأملاح وكذا ثانى أكسيد الكربون حتى مكان استغلالها فى النبات.

ج – حدد نوعية المركبات التى تتكون كنواتج نهائية.

س٦- اشرح كيف تتكون الجلطة الدموية فى الإنسان.

س٧: علل لما يأتى:

أ – لا ينجح نقل الشتلات من مكانها إلى الأرض الجديدة إذا تعرضت للشمس مدة طويلة.

ب – يسمع الطبيب صوتين مختلفين لضربات القلب ويسهل عليه تمييزهما.

ج – لا يتجلط الدم داخل الأوعية الدموية

د – يتغير عدد دقات القلب حسب الحالة الجسمية أو النفسية للإنسان.

هـ – يقاس ضغط الدم برقمين.

و–يحتوى الجهاز الليمفاوي على عقد ليمفاوية

س٨ - اختر الإجابة الصحيحة لكل عبارة ممايأتى من الإجابات التالية لها:

أ – إنتقال الماء من الجذور إلي الأوراق يتم وفق الترتيب التالى :

«الشعيرات الجذرية – اللحاء – القشرة – النسيج المتوسط – البشرة العليا».

– «القشرة – الشعيرة الجذرية – اللحاء – الخلايا الإسفنجية – البشرة السفلى»

«الشعيرة الجذرية – القشرة – الخشب – النسيج المتوسط –الثغور»

–«البشرة – القشرة – الخشب – الخلايا العمادية – الثغور»

ب – عندما يصاب الإنسان بالتهاب في الزائدة الدودية يظهر فى دمه زيادة فى عدد :

«الأنزيمات – الكرات البيضاء – الصفائح الدموية – الكرات الحمراء».

ج – يصل الماء إلي قمم الأشجار العالية نتيجة ظاهرة:

«التشرب – الخاصية الشعرية – قوى التماسك والتلاصق وقوى الشد الناتجة عن النتح – الضغط الجذرى»

د – يُمنع رجوع الدم فى الأوردة بواسطة :

«الصمامات – الصفائح الدموية – دقات القلب – الأوعية الليمفاوية»

هـ – من بروتينات البلازما التى لها دور فى تكوين الجلطة الدموية:

«الجلوبيولين – الفيبرينوجين – الالبيومين – الهيبارين»

و – الدم الذى يصل إلى خلايا المخ يترك القلب من :

«الأذين الأيمن – الأذين الأيسر – البطين الأيمن –البطين الأيسر»

مطابع الدار الهندسية/زهراء المعادي



التركيب والوظيفة فى الكائنات الحية

الفصل الثالث

التنفس

فى نهاية هذا الفصل ينبغى أن يكون الطالب قـادر على أن:

- يتعرف مفهوم التنفس الخلوى .
- يفهم خطوات انشطار الجلوكوز و نواتجه و أهميته .
- يتعرف خطوات التنفس الهوائى و أين يحدث .
- التمييز بين التنفس الهوائى واللا هوائى .
- يذكر أهمية التنفس للخلية .
- يربط بين البناء الضوئى والتنفس فى النبات.

التنفس وحاجة الكائن الحى إليه :

رأينا فيما تقدم أن النبات الأخضر يمتص الطاقة من ضوء الشمس ويخزنها بعد أن يحولها إلى طاقة كيميائية فى مواد غنية بالطاقة فى عملية البناء الضوئى. وأهم هذه المواد هى الكربوهيدرات – السكريات بصفة خاصة.

وتتم عملية التنفس عن طريق حصول الكائن الحى على الأكسجين مباشرة من الهواء الجوى كما فى الكائنات وحيدة الخلية أو عن طريق جهاز التنفس فى الكائنات عديدة الخلايا ويخرج ثانى أكسيد الكربون كمنتج نهائى للتنفس.

ويجب ألا نخلط بين التبادل الغازى والتنفس الخلوى حيث تهدم الخلية جزيئات الطعام وتتحرر الطاقة التى تستخدم فى أداء وظائف وأنشطة الخلية.

التنفس الخلوى:

يعتبر الجلوكوز والكربوهيدرات الأخرى صور مخزنة للطاقه ، وأيضا صور تنتقل فيها الطاقة من خلية الى خلية ومن كائن حي إلي كائن حي آخر.

والتنفس الخلوى هو العملية التى تستخرج بها خلايا الكائن الحى الطاقة اللازمة لنشاطها من الطاقة المخزنة فى الروابط الكيميائية لجزيئات الطعام التي يصنعها النبات أو يتناولها الحيوان.

يعبر عن جزى ء الغذاء عادة بجزي ء الجلوكوز عند إيضاح أسلوب وخطوات انحلاله نظرًا لأن أغلب خلايا الكائنات الحية تستخدم الجلوكوز لإنتاج الطاقة أكثر من استخدامها لأى جزئ غذاء آخر متوافر.

يمكن تشبيه جزى ء ATP بالعملة الصغيرة (الفكة) التي فى جيبك والتي تتميز بسهولة تداولها وصرفها.. والغالب أن كل طاقه تحتاج الخلية إلي تدبيرها تقتضي وجود ATP ولذلك فإنها تعتبر بحق بمثابة العملة الدولية للطاقة فى الخلية.

مطابع الدار الهندسية/زهراء المعادي

ولكي نتفهم كيف تؤدى جزيئات ATP وظيفتها لابد أن نتبين تركيبها. إن الجزئ الواحد منها يتكون من ٣ وحدات أولها هي الأدنين Adenine التي تعتبر قاعدة نيتروجينية (أى أنه لها خواص القاعدة)، والثانية سكر خماسي الكربون يسمي ريبوز Ribose والثالثة هي مجموعة الفوسفات. ويلاحظ أنه يوجد فى كل جزئ ء منها ثلاثة مجموعات من الفوسفات.

وعندما يتحول ATP إلي ADP(أدينوسين ثنائي الفوسفات) ينطلق مقدار من الطاقة يقدرمابين ٧-١٢ سعر حرارى كبير لكل مول .

تبدأ عملية التنفس الخلوى بجزئ ء الجلوكوز. ويمكن تلخيص تحوله فى المعادلة الآتية والتي يتضح فيها كمية الطاقة الناتجة من مول واحد من الجلوكوز.

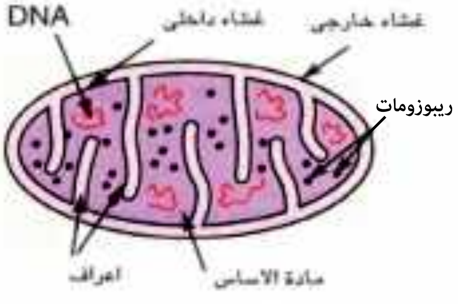
$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \longrightarrow 6CO_2 + 6H_2O + 38ATP$$

وتتم أكسدة جزيء الجلوكوز على ثلاث مراحل هى:

(أ) انشطار الجلوكوز Glycolysis

(ب) دورة كربس Kreb's Cycle

(ج) سلسلة نقل الالكترونات Electron Transport



شكل (١) تركيب الميتوكوندريون

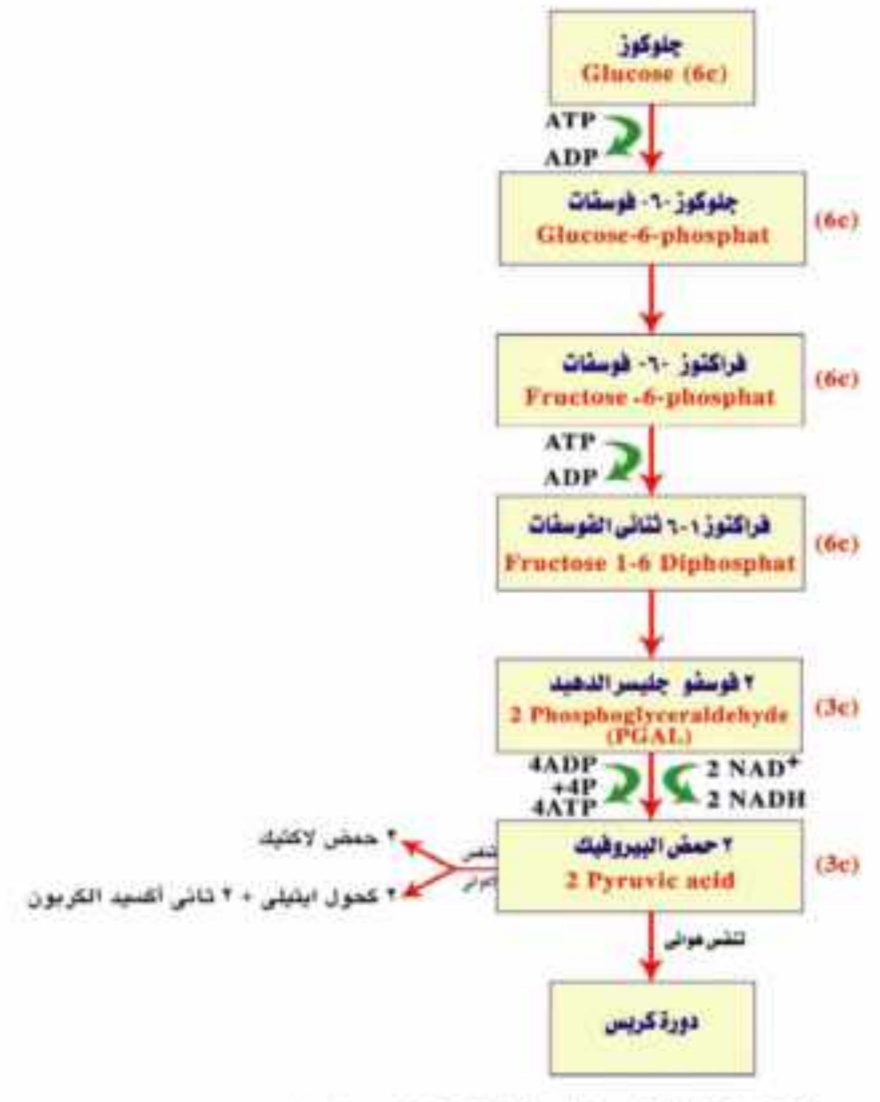
يحدث انشطار الجلوكوز فى الجزء غير العضى من السيتوبلازم والمعروف بالسيتوسول Cytosole. أما خطوات كلا من دورة كربس و سلسلة نقل الإلكترونات فتحدث داخل الميتوكوندريا Mitochondria حيث توجد إنزيمات تنفس وماء وفوسفات ومرافقات الإنزيم وجزيئات حاملات الالكترونات أو السيتوكرومات Cytochromes والتي تحمل الإلكترونات على مستويات الطاقه المختلفه ، حيث تزال ذرات الهيدروجين أثناء التفاعل لتمر إلى مرافقات الأنزيم Co . Enzymes وأهمها NAD^+ التى تختزل إلى NADH والثاني هو FAD الذى يختزل إلى $FADH_2$

$$NAD^+ + H \longrightarrow NADH + H^+$$

$$FAD + H_2 \longrightarrow FADH_2$$

أ- مرحلة انشطار الجلوكوز Glycolysis :

تتم مرحلة انشطار الجلوكوز فى حالتى التنفس الهوائي والتنفس اللاهوائي لانتاج الطاقه، وفيها ينشطر الجلوكوز إلى جزيئين من حمض البيروفيك (ثلاثي الكربون) مارا بمجموعة من التفاعلات فيها يتحول الجلوكوز إلى جلوكوز -٦- فوسفات Glucose -6- Phosphate ثم فراكتوز -٦- فوسفات Fructose -6- Phosphate ثم فركتوز ١ - ٦ ثنائي فوسفات.Fructose 1-6 Diphosphate الذي يكون جزيئين من فوسفوجليسر الدهيد PGAL ليتأكسد إلى جزيئين من حمض البيروفيك وليختزل جزيئين من مرافق الانزيم NAD إلى NADH وينتج جزيئين من ATP فى سيتوسول الخلية وهذه التفاعلات تحدث فى غياب أو نقص الأكسجين لذلك تعرف بالتنفس اللاهوائى Anaerobic respiration



شكل (٢) رسم تخطيطى لخطوات إنشطار الجلوكوز Glycolysis

$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \xrightarrow[\text{أنزيمات التنفس}]{\text{تنفس هوائي}} 2C_3H_4O_3 + 2ATP$$

والطاقة الناتجة غير كافية لأداء الوظائف الحيوية فى الكائنات ولذلك يدخل حمض البيروفيك إلى الميتوكوندريا فى وجود الأكسجين لإنتاج طاقه اكبر ويتم ذلك فى خطوتين هما دورة كربس وسلسة نقل الإلكترون

ب : دورة كربس : kerb's Cycle

كان أول من وصفها السير هانز كربس Sir Hanz Krebs فى عام ١٩٣٧ ومنح جائزة نوبل عن هذا العمل فى عام ١٩٥٣ وقبل الدخول في دورة كربس يتم الأتى :

يتأكسد كل جزى ء من حمض البيروفيك ليتحول إلى مجموعة استيل ليتحد مع مرافق الإنزيم (Co.A) مكونا استيل مرافق الانزيم (أ) (Acetyl Co .A)

تعميق المعرفة

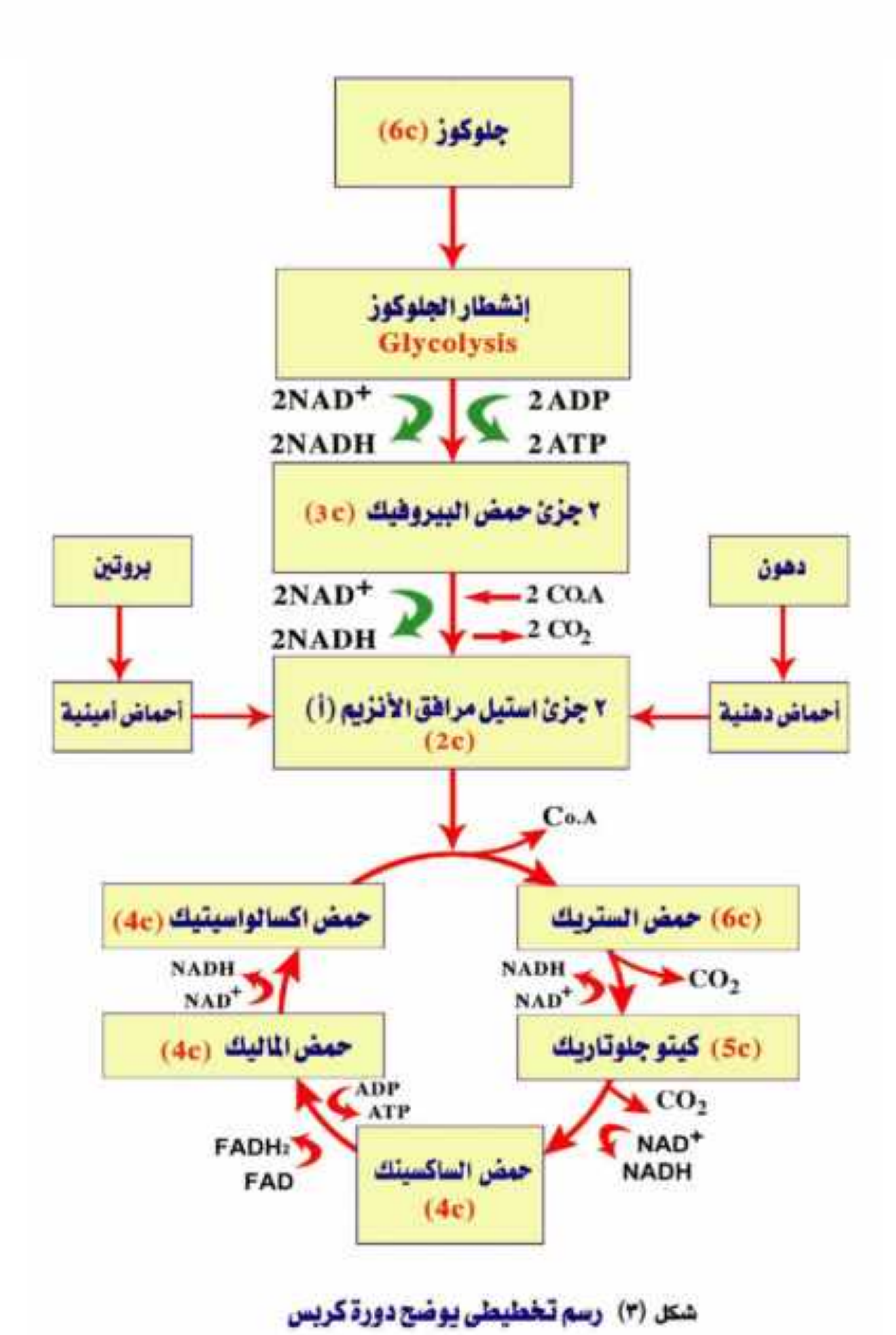
لتعميق معرفتك في هذا الموضوع يمكنك الاستعانة ببنك المعرفة المصري من خلال الرابط المقابل:



وينتج عن ذلك جزيئين NADH وجزيئين CO_2 (يمكن لمجموعات الأستيل الأخرى والناتجة من تكسير جزيئات الدهون والاحماض الأمينية أن تتحد مع مرافق الأنزيم (أ) لتلتحق بدورة كربس وتتم خطوات الدورة كالآتى:

(١) يدخل جزىء استيل مرافق الانزيم (أ) إلى دورة كربس حيث ينفصل عنه مرافق الانزيم (أ) ليكرر عمله فى دورة أخرى بينما تتحد مجموعة الأستيل ثنائي الكربون (2C) مع مركب رباعي الكربون (4C) (حامض الأكسالوأستيك Oxalo acetic acid) لينتج مركب سداسي الكربون (6C) [حامض الستريك Citric acid] والذى يمر بثلاثة مركبات وسطيه تبدأ بحمض الكيتوجلوتاريك Ketogtotaric acid ثم حمض الساكسنيك (Succinic acid) ثم حمض الماليك (Malic acid) لتنتهي التفاعلات بحمض الستريك (Cirtic acid) مرة أخرى لذلك قد تسمي دورة كربس بدورة حمض الستريك.

(٢) يتحرر أثناء الدوره جزيئان من ثانى أكسيد الكربون وجزىء ATP كما ينتج ثلاث جزيئات من NADH وجزىء واحد $FADH_2$ وذلك فى كل دوره (تتكرر الدورة مرتين مرة لكل جزىء من مجموعة الاستيل) ويلاحظ أن دورة كربس لا تتطلب وجود الأكسجين فكل الإلكترونات التي تزال فى أكسدة ذرات الكربون أثناء التفاعلات تستقبل بواسطه NAD^+ و FAD



شكل (٣) رسم تخطيطي يوضح دورة كربس

مطابع الدار الهندسية/زهراء المعادي



جـ . سلسلة نقل الإلكترون Electron Transport Chain

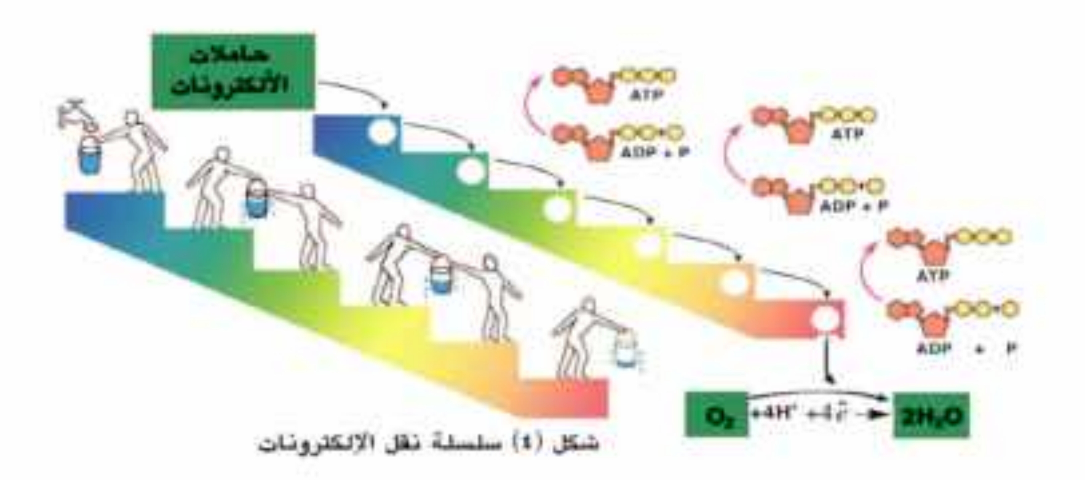
(١) مع نهاية دورة كربس وفي المرحلة الأخيرة من التنفس الهوائي يمر الهيدروجين والإلكترونات ذات المستوى العالي من الطاقة والمحمولة على كل من $NADH, FADH_2$ خلال تتابع من مرافقات الإنزيمات توجد في الغشاء الداخلي للميتوكوندريا وتعرف بالسيتوكرومات (حاملات الإلكترونات) وتحمل الإلكترونات على مستويات طاقة مختلفة وبمرور الإلكترونات من جزيء الى آخر من السيتوكرومات تنطلق الطاقة لتكون جزيئات ATP من جزيئات ADP ويعرف ذلك بالفسفرة التأكسدية Oxidative Phosphorylation

(٢) يعتبر الأكسجين هو المستقبل الأخير في سلسلة نقل الالكترونات حيث أن زوج من الإلكترونات تتحد مع مع زوج من H^+ ثم مع ذرة أكسجين لتكوين الماء

$$2\bar{e} + 2H^+ + \frac{1}{2}\ O_2 \longrightarrow H_2O$$

(في سلسلة نقل الإلكترونات يعطي كل جزيء من NADH ثلاث جزيئات ATP بينما يعطي جزيء $FADH_2$ جزيئين ATP)

(٣) وعلى ذلك فإن تأكسد جزيء واحد من الجلوكوز في وجود الأكسجين في عملية التنفس الهوائي ينتج عنها ٣٨ جزيئا ATP منها جزيئان في سيتوبلازم الخلية أثناء (انشطار الجلوكوز) و٣٦ جزيئا في الميتوكوندبيا (مرحلة التنفس).



شكل (٤) سلسلة نقل الالكترونات

1 Glucose

2 PGAL

2 ATP

2 NADH → 6 ATP

2 ATP

2 Pyruvic acid

2 NADH → 6 ATP

2 C_2

Kreb's cycle

2 ATP

6 NADH → 18 ATP

2 $FADH_2$ → 4 ATP

شكل (٥)
حساب مركبات ATP

تعميق المعرفة

لتعميق معرفتك في هذا الموضوع يمكنك الاستعانة ببنك المعرفة المصري من خلال الرابط المقابل:

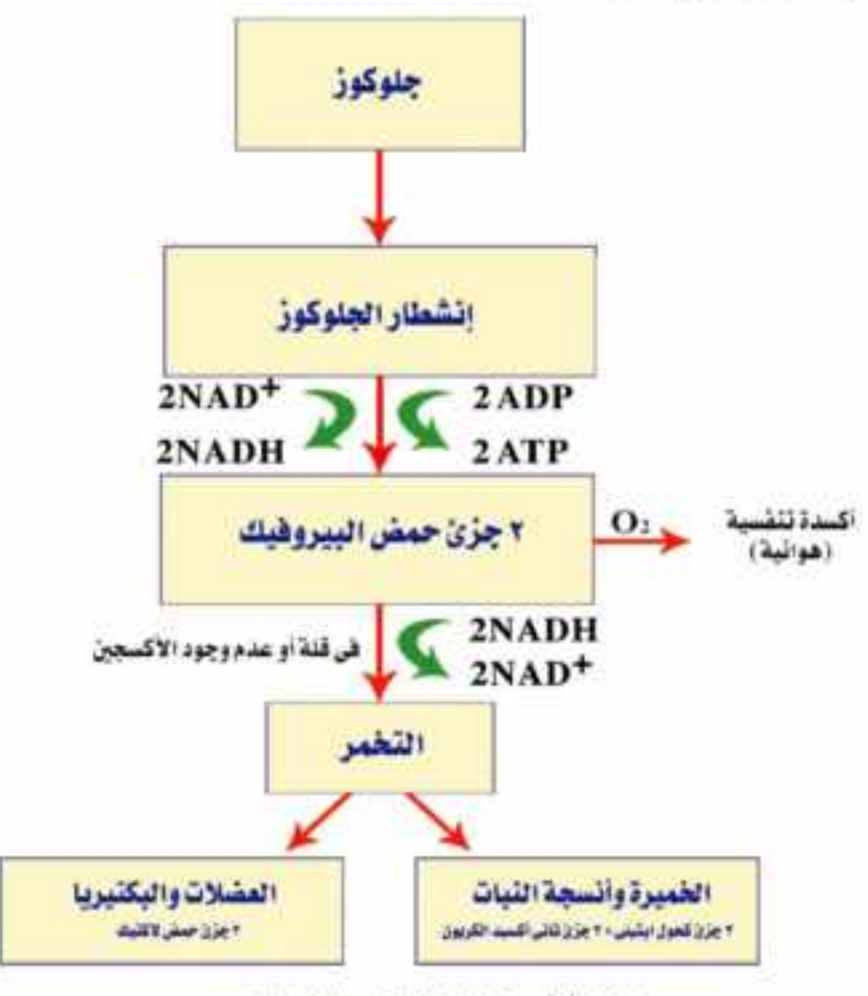


التنفس اللاهوائى Anaerobic Respiration :

تتنفس الكائنات الحيه مثل البكتريا والخميرة نوع آخر من التنفس فى وجود قلة من الاكسجين أو فى ظروف قد ينعدم فيها الاكسجين ويعرف بالتنفس اللاهوائي. كذلك الخلايا النباتية والحيوانية قد تتنفس لا هوائيا عندما لا يتوافر الأكسجين ويعرف ذلك بالتخمر. Fermentation وعملية التخمر لا تتطلب أكسجين ولكنها تتم فى وجود مجموعة من الإنزيمات وتكون المحصلة النهائية لعملية التنفس اللاهوائي بانشطار الجلوكوز إلى جزيئين من حمض البيروفيك وجزيئين NADH وكمية ضئيله من الطاقة عبارة عن جزيئين من ATP (كما فى الخطوة الأولي من التنفس الهوائي)

يتحدد تحول حمض البيروفيك فى التنفس اللاهوائي وفقا لنوع الخلية التي ينتج بها .

ففي حالة الخلايا الحيوانية وخاصة خلايا العضلات عندما تؤدى تدريبات شاقه أو عنيفه تتطلب كم كبير من الاكسجين فإن خلايا العضلات قد تستنفذ كل الاكسجين الموجود بها وتلجأ الخلايا إلى تحويل حمض البيروفيك بعد اختزاله (اتحاده مع الالكترونات التي علي NADH) إلي حمض لاكتيك ($C_3H_6O_3$) ويسبب ذلك ما يعرف بالتعب العضلى (اذا توفر الاكسجين يتأكسد حمض اللاكتيك إلي حمض بيروفيك مرة أخرى ثم استيل مساعد الأنزيم«أ»). وفى حالة البكتريا يتحول حمض البيروفيك إلى حمض لاكتيك فى عدم وجود الأكسجين - أما فى الخميرة أو بعض أنسجة النباتات يختزل حمض البيروفيك إلى كحول إيثيلى وينطلق ثانى أكسيد الكربون ويعرف ذلك بالتخمر الكحولي ويستخدم ذلك فى الصناعة.

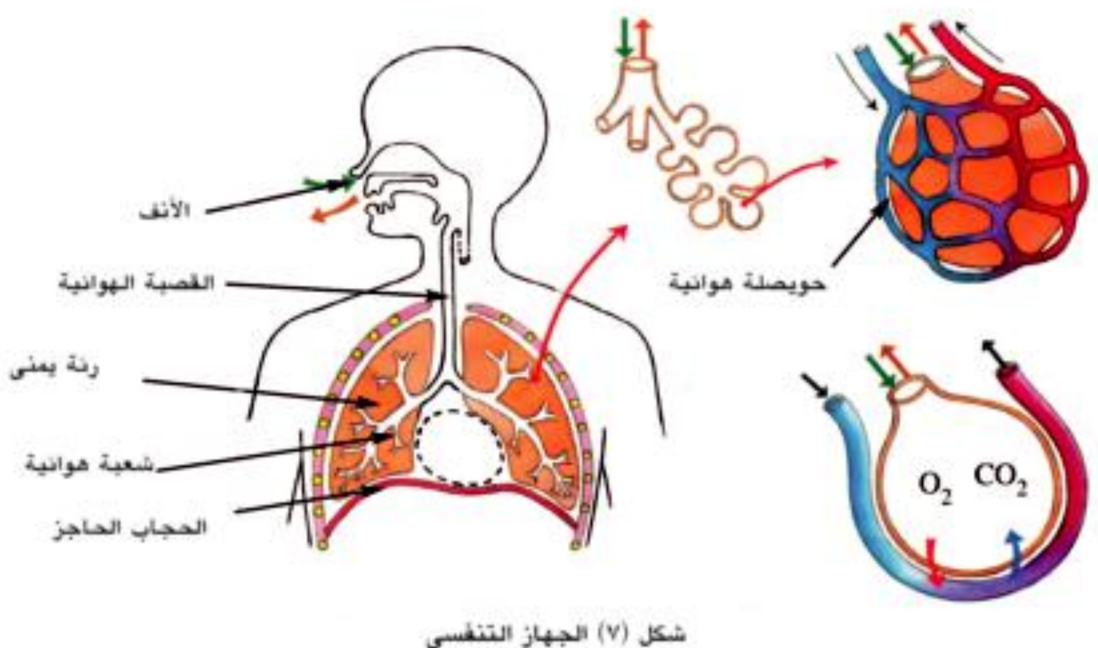


شكل (٦) مخطط التنفس اللاهوائى

التنفس فى الإنسان

الجهاز التنفسى للإنسان

يدخل الهواء الجسم خلال الأنف أو الفم. ولكن دخوله من الأنف يكون أفضل من الناحية الصحية لأن الأنف ممر دافئ (بما يبطنه من شعيرات دموية كثيرة) ورطب (بما يفرز فيه من مخاط) ومرشح (بما يحتويه من شعيرات تعمل كمصفاة ومن مخاط أيضا) .



شكل (٧) الجهاز التنفسى

ثم يمر الهواء خلال البلعوم وهو طريق مشترك لكل من الهواء والغذاء ، ويدخل القصبة الهوائية عن طريق الحنجرة التي تعرف أيضا بصندوق الصوت. وتحتوى جدر القصبة الهوائيه على حلقات غضروفيه تجعلها مفتوحه باستمرار ، كما أنها مبطنه بأهداب تتحرك من أسفل إلي أعلى لكي تعمل على تنقية الهواء المار بتحريك ما قد يكون به من دقائق غريبة إلي البلعوم حيث يمكن أن تبتلع. و تتفرع القصبة الهوائية عند طرفها السفلي إلي شعبتين ، يتفرع كل منهما بالتالي إلي أفرع أرفع فأرفع تسمي الشعيبات. وأخيرا تنتهي أدق التفرعات بأكياس تسمي الحويصلات (ويصل عددها فى الرئة الواحدة إلي نحو ٦٠٠ مليون حويصلة).



وتعتبر جدرها الرقيقة أسطح تنفسية فعلية حيث تحيط بها من الخارج شبكة ضخمة من الشعيرات الدموية ، التي يلتقط دمها الأكسجين من هواء الحويصلات الهوائية وما يتصل بها من شعيبات، وما يحيط بها من شعيرات.

والجدير بالذكر أن الجهاز التنفسي فى الانسان له دور هام فى إخراج بعض الماء مع هواء الزفير على صورة بخار الماء ، فالانسان يفقد يوميا ٥٠٠ سم٣ من الماء خلال الرئتين من المجموع الكلي الذى يفقده من الماء وهو نحو ٢٥٠٠ سم٣ . ويتم هذا الفقد نتيجة تبخر الماء الذى يرطب جدر الحويصلات الهوائية واللازم لذوبان الأكسجين وثاني أكسيد الكربون لتتم عملية تبادل الغازات بين هواء الحويصلة والدم المحيط بها فى الشعيرات الدموية .

التنفس فى النبات

يمتص النبات الأخضر الطاقة الضوئية من الشمس وذلك أثناء عملية البناء الضوئي ليحولها إلى طاقه كيميائية تخزن فى صورة جزيئات عضوية (الجلوكوز) غنيه بالطاقة و عند احتياج النبات إلى قدر من الطاقة ليؤدى به إحدى وظائفه الحيوية فإنه يقوم بتحرير هذه الطاقة ببطء فى سلسلة من الخطوات لتفاعلات تتضمن تكسير روابط الكربون فى المادة العضويه . وتلك هي عملية التنفس فى النبات. فإذا تمت عملية التحرير عن طريق الأكسدة فى وجود الأكسجين بصفه أساسيه فإنها تسمي تنفس هوائي ٠ أما إذا تمت فى غياب الأكسجين فإنها تسمي تنفس لا هوائي.

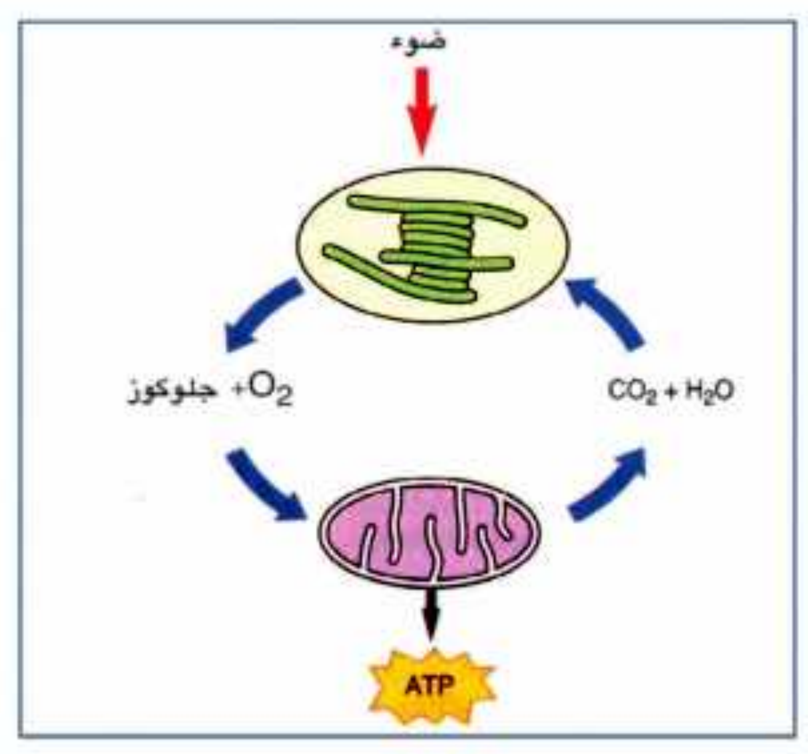
وفى الواقع أن كل خلية حية (فى كثير جدا من النباتات) . تكون على اتصال مباشر بالبيئة الخارجية مما يسهل كثيرا إنجاز عملية تبادل الغازات فى التنفس و ببساطة تامه فإن غاز الأكسجين ينتشر إلى داخل الخلية بينما ينتشر غاز ثانى أكسيد الكربون إلي خارجها.

وفى النباتات الوعائية يصل الأكسجين إلي الخلايا بطرق مختلفه فعندما تفتح ثغور الأوراق يدخل الهواء إلي الغرف الهوائية ومنها ينتشر إلي كافة المسافات البينية التي تتخلل أعضاءه المختلفة، فينتشر الغاز خلال أسطح الخلية ويذوب فى ماء الخلية. كما أن بعض الأكسجين يحمل إلى ممرات اللحاء مع الماء ويصل من هذا الطريق إلي أنسجة الساق والجذر.

وأخيرا فإن الاكسجين قد يدخل أيضا النبات خلال الجذور مذابا فى ماء التربة الذى تمتصه الشعيرات الجذرية أو تتشربه جدر الخلايا. وإذا كان ساق النبات أخضر فإن الثغور التي علي سطحه توفر مدخلا للهواء وكذلك إذا كان الساق خشبيا فإن العديسات أو أية تشققات فى القلف قد تقوم بنفس هذا العمل.

أما تخلص النبات من ثانى أكسيد الكربون الناتج عن التنفس فقد يتم بأن ينتشر مباشرة من خلايا النبات المعرضة مباشرة للهواء أو التربة إلي البيئة الخارجية، أما الخلايا التي فى عمق النبات فقد تمرر ثاني أكسيد الكربون إلي أنسجة الخشب أو اللحاء التي تمرره بدورها إلي الثغر فالجو الخارجي.

ولا يجوز لنا أن ننسي علاقة البناء الضوئي فى النبات بالتنفس . فما يتم فى البلاستيدة ينعكس فى الميتوكوندريا لتحرير الطاقة بالتنفس والشكل التالى يوضح تلك العلاقة فى صورة دورة تتم بين البناء الضوئى والتنفس الخلوى.



شكل (٨)دورة البناء الضوئي والتنفس الخلوى

تجربة توضح تنفس الأجزاء النباتية الخضراء :



شكل(٩)
تجربة لإثبات تنفس النبات الأخضر

١ - خذ نباتا أخضر مزروعا فى أصيص صغير، وضعه علي لوح زجاجي وضع إلي جواره كأسا أو كوبا صغيرا به محلول ماء الجير الرائق ، ونكس فوق الاثنين ناقوسا زجاجيا وغط الناقوس بقطعة قماش سوداء (شكل ٩).

٢- أعد جهاز مماثلا للسابق تماما ولكن الأصيص يكون خاليا من أى نبات مزروع فيه.

٣- ضع بعضا من ماء الجير الرائق فى كأس صغيرة بين الجهازين السابقين اترك الجميع فترة من الزمن. ماذا تشاهد ؟

المشاهدة : يتعكر ماء الجير فى (١) فقط •

ماذا تستنتج؟

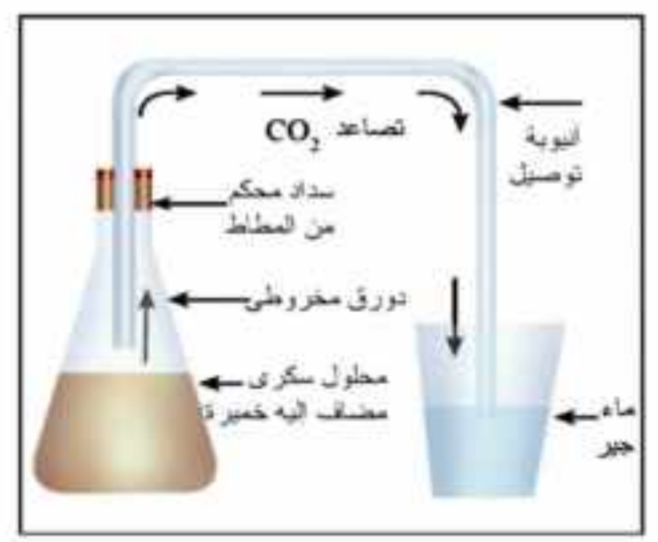
فى (١) النبات الأخضر المزروع فى الأصيص قد تنفس وأخرج ثانى أكسيد الكربون الذى عكر ماء الجير فى الكأس. وقد غطي الناقوس الزجاجي بقطعة قماش سوداء حتي يحجب الضوء عن النبات الأخضر لتقف بالتالي عملية البناء الضوئي التي تستهلك ثاني أكسيد الكربون من هواء الناقوس أو المتصاعد من التنفس.

فى (٢) ، (٣) لم يتعكر ماء الجير نظرا لصغر نسبة ثانى أكسيد الكربون سواء فى هواء الناقوس أو فى الهواء الجوى.

ويتضح من هذه التجربه أن النبات الأخضر يتنفس ويطرد ثانى أكسيد الكربون نتيجة لذلك .

تجربة: توضح عملية التخمر الكحولي:

خذ دورقا مخروطي الشكل . ضع فيه محلولا من السكر (أو من العسل الأسود المخفف بضعف حجمه من الماء). أضف إليه قدرا من الخميرة وامزجها جيدا بالمحلول. سد الدورق بسداد تنفذ منها أنبوبة توصيل. أغمر طرف أنبوبة التوصيل الخالص فى كأس بها ماء الجير. اترك الجهاز عدة ساعات فى مكان دافيء .شكل (١٠)



شكل (١٠) تجربة لإثبات التخمر الكحولى

ماذا تشاهد:

تتصاعد فقاعات غازيه فوق سطح محتويات الدورق. كما نشاهد تعكر ماء الجير.

ماذا تستنتج ؟

تعكرماء الجير يدل علي تصاعد غازثاني أكسيد الكربون والذى ينتج من تنفس الخميرة لا هوائيا. وإن شممت محتويات الدورق فإنك تلاحظ رائحة الكحول بها دلالة علي تكونه أيضا نتيجة لتنفس الخميرة اللا هوائي.

وتجدر الإشارة إلي وجود نوع آخر من التخمر يسمي التخمر الحمضي تقوم به عدة أنواع من البكتريا : وينتج منه حمض بدلاً من الكحول. وكثير من صناعات الألبان مثل الجبن والزبد والزبادى تصنع بواسطه هذا النوع من التخمر.

هذا ولبذورالنباتات البذرية القدرة علي التنفس اللاهوائي إذا وضعت فى ظروف لا هوائية.



أسـئلة

١ - تخير الإجابة الصحيحة لكل عبارة مما يلي:

(١)تعمل سلسلة نقل الألكترون على نقل الألكترونات ....

(أ) من الجرانا إلى الستروما　　　(ب) من الطاقة الشمسية إلى الكلوروفيل

(ج) إلى كاروتين　　　(د) لانطلاق الطاقة

(٢) تبدأ دورة كربس باتحادمجموعة الأستيل مع مركب رباعي الكربون لتكوين ....

(أ) حمض الستريك　　　(ب) حمض الخليك

(ج) ادينين　　　(د) حمض الماليك

(٣) خلايا العضلات التى تقوم بنشاط عنيف تكون نسبة عالية من ....

(أ) حمض البيروفيك　　　(ب) حمض اللاكتيك

(ج) حمض الستريك　　　(د) حمض الأستيك

(٤) تتم أكسدة الجلوكوز فى حالة التنفس الخلوى الهوائى من خلال ....

(أ) اتحاد الجلوكوز بالأكسجين　　　(ب) فقد الجلوكوز للهيدروجين

(ج) اتحاد الجلوكوز بالهيدروجين　　　(د) فقد الجلوكوز للإلكترونات

(٥) ينطلق جزئ CO_2 نتيجة ....

(أ) انشطار الجلوكوز　　　(ب) تخمر حمض اللاكتيك

(ج) التخمر الكحولي　　　(د) التحلل المائي للجليكوجين

(٦) يختزل حمض البيروفيك ليكون :

(أ) PGAL　　　(ب) ثانى أكسيد الكربون والايثانول

(ج) فراكتوز ١ – ٦ ثنائى الفوسفات　　　(د) حمض الماليك

(٧) توصف سلسلة نقل الإلكترونات بأنها:-

(أ) حاملات الجزيئات التى تتغير بتغير الإنزيمات

(ب) دورة الأكسدة الفوسفورية

(ج) تتابع من تفاعلات الأكسدة والإختزال

(د) تفاعل طارد للحراره

س ٢: فسر كلا مما يأتى:

(١) ينتج عن الأكسدة الهوائية الكاملة لجزيء واحد من الجلوكوز ٣٨ جزى ء ATP

(٢) يختلف التنفس الخلوى عن الاحتراق.

(٣) تكوين مركبات وسطية فى دورة كربس .

(٤) يرتبط البناء الضوئي بالتنفس فى النبات.

س٣: (أ) أشرح تجربة توضح عملية التخمرالكحولي مع الرسم

(ب) تعتبر سلسلة نقل الالكترونات هي الخطوة الاخيرة والأساسية فى إنطلاق جزيئات ATP

(١) ماذا تعني بسلسلة نقل الالكترونات ؟

(٢) ما دور الانزيمات المساعدة فىإنطلاق ATP

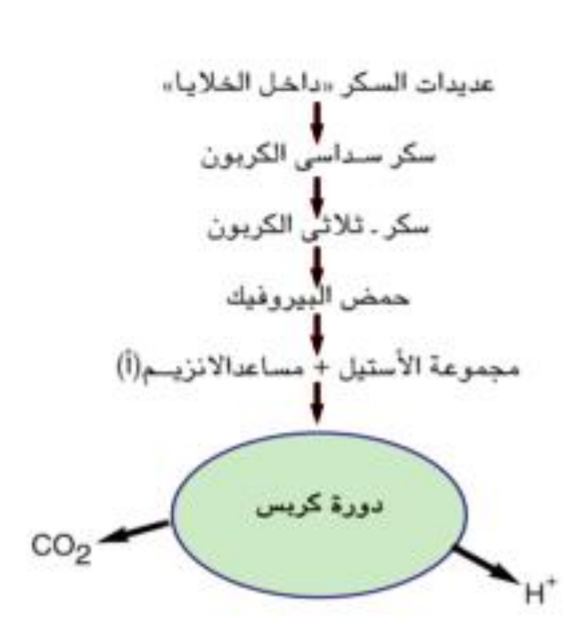
(٣) ما علاقة الأكسجين بسلسلة نقل الالكترونات ؟

س٤: (يطلق على انشطار الجلوكوز عملية التخمر)

اشرح تلك العبارة موضحا معني التخمر ونواتجه فى كلا من الخلية النباتية والحيوانية.

س٥: كيف يستخدم البروتين كمصدر للطاقة فى الخلية الحية

س٦: الشكل المقابل يوضح ما يحدث داخل الخلايا الحية.



أجب عن الأسئلة الاتية بعد دراستك للمركبات الناتجة :-

(أ) اذكر المركبات الكربوهيدراتية المختزنة داخل الخلايا النباتية والحيوانية

(ب) ما أسم العملية التي يتم فيها تحويل سكر (٦) كربون إلي حمض البيروفيك؟ وأين تحدث بالخلية ؟

(ج) ماذا يحدث لأيونات الهيدروجين الناتجة ؟

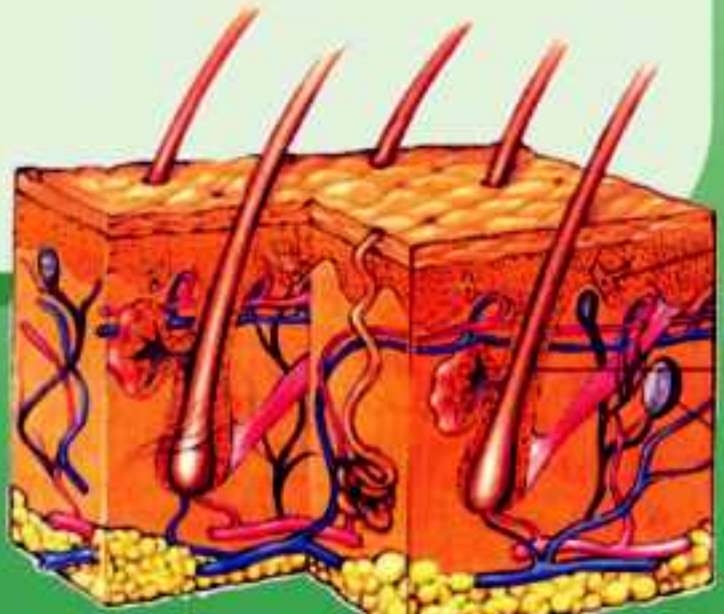
التركيب والوظيفة فى الكائنات الحية

الفصل الرابع

الإخراج فى الكائنات الحية

فى نهاية هذا الفصل ينبغى أن يكون الطالب قــادر على أن:

- يعرف مفهوم الإخراج.
- يفهم دور الجهاز الإخراجى فى التخلص من الفضلات والمواد الضارة بالجسم.
- يتعرف مكونات الجهاز الإخراجى فى الإنسان.
- يتعرف علي دور الكلية الصناعية في الاخراج
- يتعرف علي دور الكبد في الاخراج
- يفهم دور الإخراج فى النبات.
- يقدر عظمة الخالق فى عمل الكلية.





مفهوم الإخراج وأهميته:

تحتاج كل العمليات الحيوية التي تحدث في جسم الكائن الحي مهما تفاوت رقيه إلى نشاطات كيميائية تتخلف عنها بعض الفضلات أو المواد التالفة. ولابد للكائن الحي أن يتخلص منها أولًا بأول وإلا تراكمت في جسمه وسببت له الكثير من المشكلات والإضرار. ويطلق على العملية التي يتخلص بها الكائن الحى من هذه الفضلات (الإخراج).

اولا: الإخراج في الحيوان Excretion

تقتصر عملية الإخراج فقط على المواد التى تعبر الأغشية البلازمية لتغادر الجسم أما الطعام غير المهضوم والذي يخرج على صورة براز فلا يعتبر إخراجًا بمفهومه العلمي لأنه خرج من الجسم دون أن ينفذ من الأغشية البلازمية للخلايا.

ومثل ذلك النيتروجين في الهواء الجوي الذي يدخل إلى الرئتين في عملية الشهيق ويخرج منها في عملية الزفير.

وأهم الفضلات التي ينتجها الجسم ويخرجها هي ثاني أكسيد الكربون والماء الناتجين من تكسير الجزئيات العضوية، والفضلات النتروجينية (النشادر واليوريا وحامض اليوريك «حامض البوليك») الناتجة من تكسير البروتينات.

أما الأعضاء التى تتولى الإخراج فى أجسام الحيوانات الراقية فهى الجلد والرئتين والكبد أو الكليتين. وبالإضافة إلى ذلك فإن أعضاء الإخراج تسيطر على تنظيم محتويات الجسم من الأملاح، وبعض التوابل التى لها محتويات متطايرة تترك الجسم خلال الرئتين أما باقي أجزائها فتخرج من خلال الكليتين.

أما المواد السامة فإنها تتحول إلى صور غير سامة للجسم أو غير ذائبة بواسطة الكبد أو الكليتين.

وفيما يلى جدولا يبين أهم الفضلات الناتجة في جسم الإنسان وأعضاء إخراجها:

المواد الإخراجية	أعضاء الإخراج
ثاني أكسيد الكربون	الرئتين
الماء	الكليتين – الجلد – الرئتين
الفضلات النتروجينية	الكليتين – الجلد – (نسبة صغيرة)
الأملاح	الكليتين – الجلد
التوابل	الكليتين – الرئتين (المواد المتطايرة)

الإخراج فى الانسان

١- الجلد: skin

يعتبر الجلد عضوًا للإخراج في جسم الانسان، ويعد الجلد أكبر أعضاء الجسم لأنه يحيط الجسم كله وأطرافه من الخارج.

تركيب الجلد:

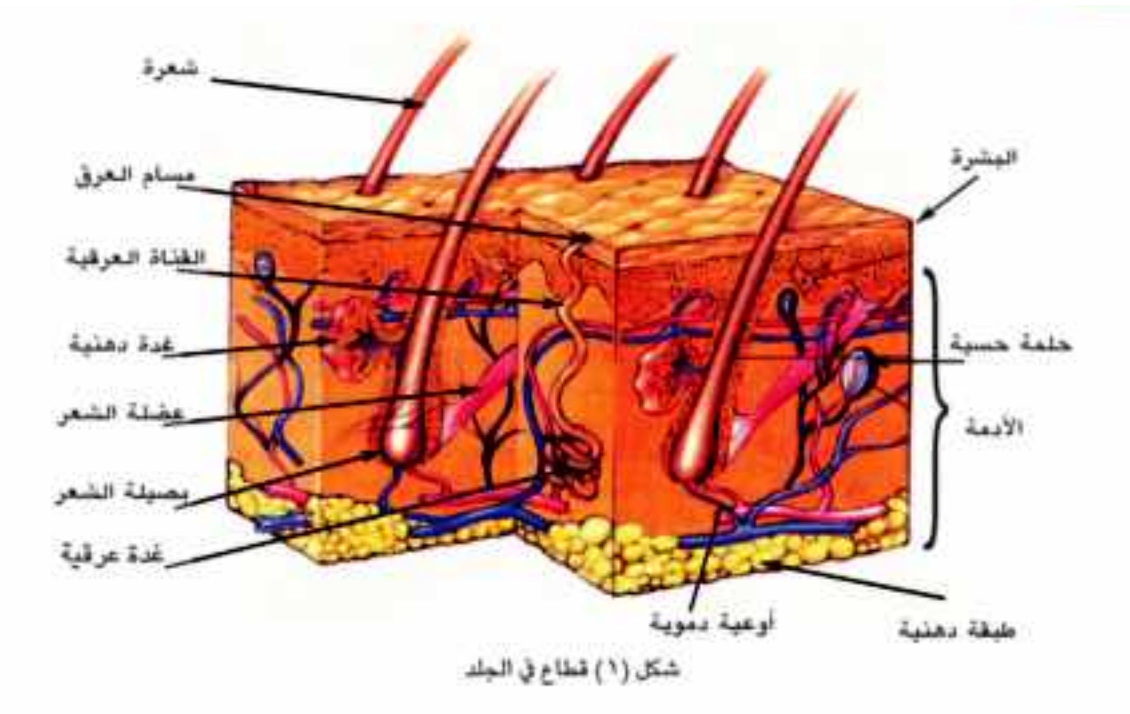
يتركب الجلد من طبقتين رئيسيتين هما البشرة Epidermis والأدمة Dermis، ويلتصق بالجسم بواسطة طبقة دهنية (شكل ١).

أ- البشرة:

تتكون من عدة طبقات من خلايا طلائية. ما يوجد منها على السطح خلايا غير حية مملوءة بمادة قرنية من الكيراتين Keratin وتتعرض دائمًا للاحتكاك (عندما تجفف وجهك أو جسمك بمنشفة أو تحك يديك معًا) وتنشأ عن هجرة خلايا الطبقة الداخلية التى تتولى تكوينها إلى السطح الخارجى ثم تموت.. وهى تتجدد باستمرار وتعوض. وعند قاعدة الطبقة الداخلية خلايا صبغية تفرز حبيبات تكسب الجلد لونه (الميلانين).

ب- الأدمة:

طبقة تلى البشرة، تتكون بصفة أساسية من أنسجة ضامة. وتحتوى على الأوعية الدموية والنهايات العصبية الحسية والغدد العرقية والدهنية وبصيلات الشعر والخلايا الدهنية.



شكل (١) قطاع في الجلد

والغدة العرقية عبارة عن أنبوبة رفيعة تلتف على نفسها وتفتح عند سطح الجلد (فى طبقة البشرة) وتسمى هذه الفتحات مسام العرق. ويتبخر العرق على سطح الجلد ليخفض ذلك من حرارة الجسم. وتتخلف الفضلات التى تجعل الجسم لزجًا. ومن المهم إزالة هذه الفضلات تباعًا بالغسل حتى لا تسد الفضلات مسام العرق وللوقاية مما ينبعث منها روائح كريهة عند تراكمها.

وتتكون **الشعرة** من بصيلة تحيط بها الكثير من الشعرات الدموية. وتوجد حولها قرب خروجها من الجلد غدة دهنية تفرز مادة دهنية تسهل خروج الشعرة من الجلد، وتكسبها ليونة تحول دون تقصفها. كما يتصل بها عضلة تحركها إذا انقبضت.

أما **النهايات العصبية الحسية** فهي تستجيب للضغط واللمس والألم ودرجة الحرارة.

٢- الكلية: Kidney

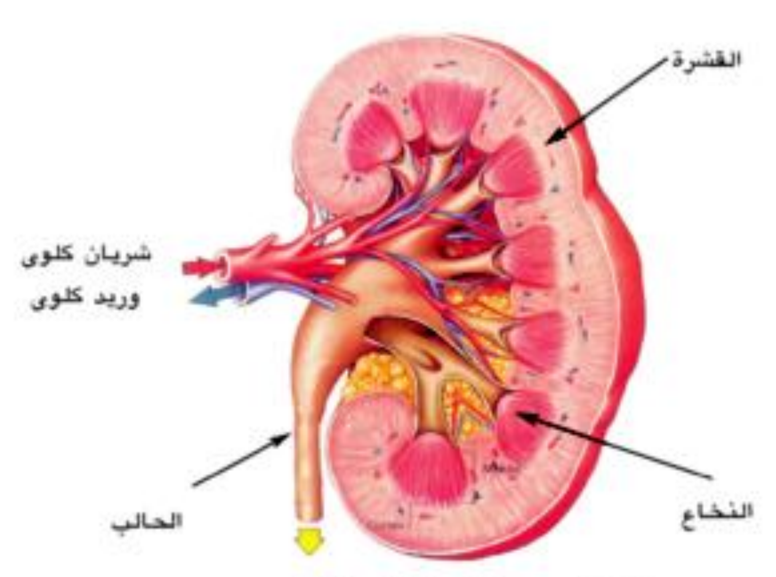
لكل حيوان فقارى كليتان. وفي الفقاريات الدنيا تكون الكلى أعضاء طويلة ورقيقة وتمتد على طول جانبى العمود الفقارى. أما فى الفقاريات الراقية كالثدييات فإن الكُلى تكون أكثر إكتنازًا وتقع خلف البريتون (الغشاء الذى يبطن التجويف البطنى) ويتصل بكل كلية قناة تنقل البول تسمى الحالب لتجمعه في المثانة حيث يخرج بعد أن يتجمع عن طريق قناة مجرى البول.

تركيب الكلية:

تقع كليتا الانسان فى الجزء العلوى من التجويف البطنى. على جانبى العمود الفقرى. ويبلغ طول الكلية نحو ١٢ سم وعرضها نحو ٧ سم وسمكها نحو ٣ سم وتشبه في شكلها حبة اللوبيا فجزؤها الخارجى محدب والداخلي مقعر. وعند جزئها المقعر يدخل فرع من الأورطى يسمى الشريان الكلوى كما يخرج وريد يسمى الوريد الكلوى الذى يتصل بالوريد الأجوف السفلي.

وتتكون الكلية من منطقة خارجية ضيقة تسمى **القشرة** ومنطقة أخرى داخلية عريضة تسمى **النخاع** (شكل ٢).

الوحدة الوظيفية للكلية هي **النفرون** Nephron. وتتكون كل كلية من نحو مليون نفرون. وهى عبارة عن أنابيب دقيقة تنتفخ في بدايتها مكونة انتفاخًا يشبه الفنجان يسمى **محفظة بومان** شكل (٣)



شكل (٢) رسم قطاع طولى فى الكلية

توجد بمنطقة القشرة. ولكل نفرون أنبوبة تكون متعرجة في منطقة القشرة فى بدايتها تعرف بالأنبوبة الملتفة القريبة وتؤدى إلى انحناء على شكل حرف U يسمى ثنية هنل Henel فى منطقة النخاع ثم يعود مرة أخرى إلى القشرة فى صورة متعرجة تعرف بالأنبوبة الملتفة البعيدة. وتتجمع هذه الأنابيب في أنابيب جامعة تقع فى تجويف الكلية المقعر الذي يعرف **بحوض الكلية**.



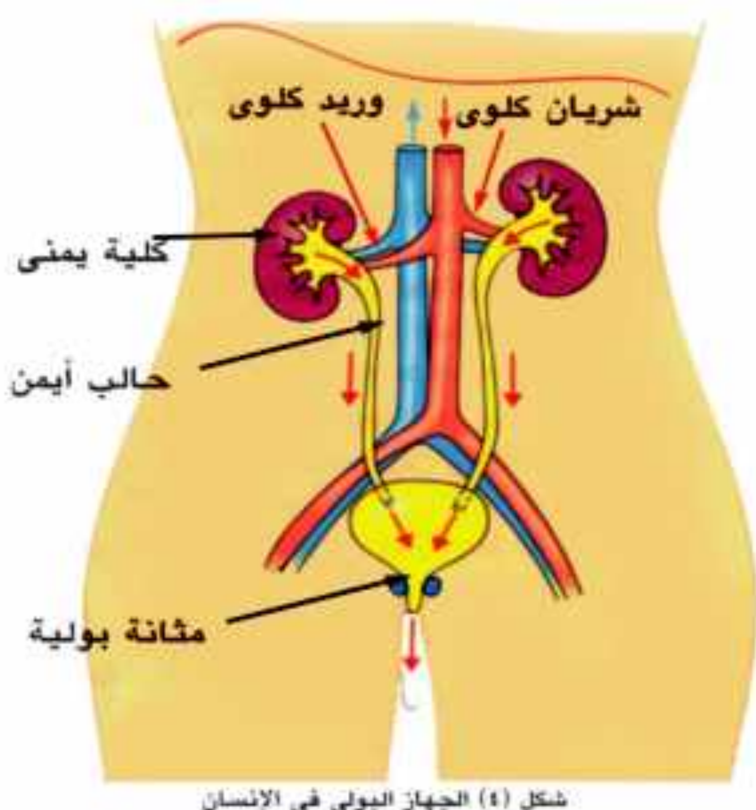
ويتصل بكل كلية أنبوبة تسمى الحالب تنقل البول من الكلية قطرة بقطرة إلى كيس عضلى صغير يسمى المثانة حيث يتصل بها من الخلف في اتجاه مائل، وللمثانة عضلة عاصرة تسدها حتى يتجمع فيها البول ولا تسمح للبول بالخروج إلا عند الحاجة فى قناة تتصل بها تسمى مجرى البول Urethra.

شكل (٣) تركيب النفرون

استخلاص البول:

يخرج من الأورطى فرعان يتجه كل فرع منهما إلى إحدى الكليتين، ويسمى الشريان الكلوى. فيدخلها عند سطحها المقعر، وهنا يتفرع إلى فروع أصغر فأصغر وتتكون شبكة من الشعيرات الدموية داخل محفظة بومان تعرف بالجُمع، حيث يرشح الجزء السائل من الدم (البلازما) بما يحويه من ماء وفضلات ومواد معدنية وجلوكوز وتمر فى النفرون. أما خلايا الدم وجزيئات البروتين الكبيرة فلا تمر ولكن ماذا يحدث لو أخرج كل هذا الرشيح من الجسم؟ إن الجسم يفقد كثيرًا من المواد الضرورية اللازمة له، كما يلزم على الفرد أن يشرب ١٧٠ لتر من الماء فى اليوم الواحد لإحلاله بدلًا مما فقد. وعلى ذلك فبعد أن يرشح الدم لابد أن تحدث عملية أخرى يستعاد فيها الماء الذى يحتاجه الجسم، والجلوكوز والمواد المعدنية ليمر ثانية إلى الدم وتسمى هذه العملية بإعادة الامتصاص الاختياري، بينما تترك فقط الفضلات التي تكون في صورة بول. ويحتوى البول على فائض الماء، والفضلات النيتروجينية (اليوريا) وبعض الأملاح غير العضوية. كما أنه قد يحتوى على مواد أخرى تكون فائضة عن حاجة الجسم وتشمل مقادير صغيرة من الجلوكوز والفيتامينات، وتتم هذه العملية فى أنبوبة النفرون، ثم ينتقل البول فى الحالب بعد أن يخرج من الكلية إلى المثانة حيث يخزن وعندما تمتلئ المثانة بالبول فإن عضلاتها تنقبض لتدفع البول إلى مجرى البول ليطرد إلى خارج الجسم.

ويطلق على الكليتين والحالبين والمثانة ومجرى البول «الجهاز البولي» . (شكل ٤)



شكل (٤) الجهاز البولي في الانسان

هذا ويمكن للفرد أن يعيش بكلية واحدة. وفى هذه الحالة فإن الكلية تنمو وتكبر قليلًا وتقوم بعمل الكليتين معًا. ولكن لا يمكن لأحد أن يعيش طويلًا دون أى كلية أو إذا توقفت كليتاه عن العمل لأى سبب لأنه يصاب بالتسمم نتيجة لتراكم الفضلات في دمه.

هذا وإذا علمنا أن جسم الانسان يحتوى على نحو ٦ أو ٥ لتر من الدم. فإن ١.٢ – ١.٣ لتر من الدم يمر خلال الكلية في كل دقيقة ليصل مجموعه اليومى نحو ١٦٠٠ لتر وهو يوازى بالتقريب ٤ / ١ حجم الدم كله الذى يضخه القلب. ويعنى ذلك أن نسبة عالية جدًا من الدم تمر خلال الكلية فى كل وقت.

ومن حجم الدم الكلى يوجد نحو ٣ لترات من البلازما. تمر كل قطرة منها خلال الكلية لتراقب محتوياتها وتختبر نحو ٥٦٠ مرة في اليوم.

٣– **الكبد:** بالإضافة إلى وظائف الكبد في عملية الهضم والتمثيل الغذائى فإنه يلعب دورًا مهمًا في عملية الإخراج حيث يقوم بهدم وتحطيم السموم التي تمتص فى الأمعاء وبالتالى يساهم في تنقية الدم منها.

وإيضًا يقوم بفصل المجموعة النيتروجينية الأمينية NH_2 من الأحماض الأمينية الزائدة ويحولها إلى يوريا ويتم طردها فى صورة بولينا عن طريق الكليتين إلى خارج الجسم.

تعميق المعرفة

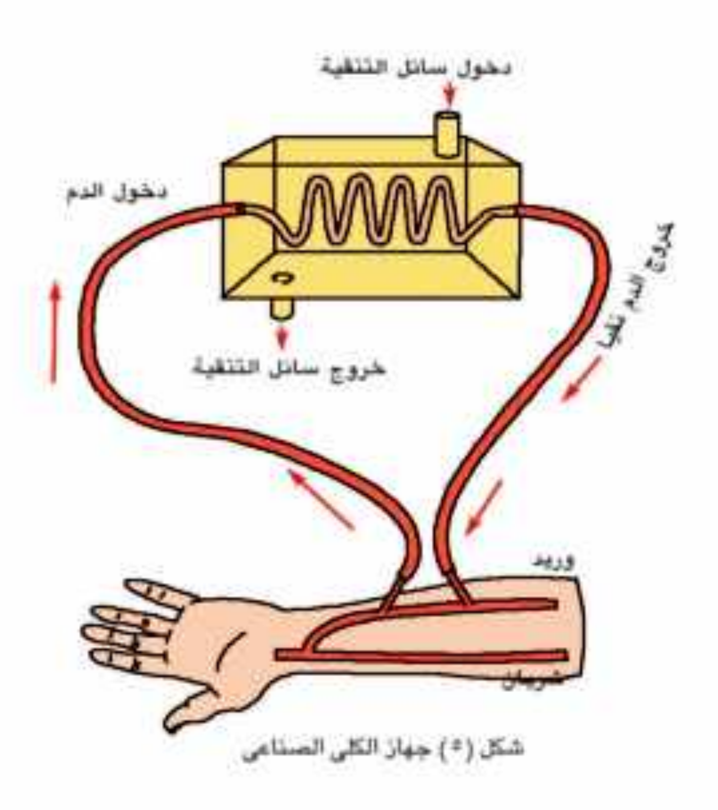
لتعميق معرفتك في هذا الموضوع يمكنك الاستعانة ببنك المعرفة المصري من خلال الرابط المقابل:

مطابع الدار الهندسية/زهراء المعادي



جهاز الكلى الصناعية

يحدث الفشل الكلوى نتيجة لبعض الأمراض التى تصيب الكليتين لتتوقف عن أداء وظيفتها ويؤدى ذلك إلى تراكم المواد الإخراجية في الدم والتسمم أو الموت. لذلك لابد من تنقية الدم عن طريق جهاز الكلى الصناعية (شكل ٥) حيث يضخ الدم من شريان المريض إلى الجهاز ليمر خلال أنبوبة ذات غشاء رقيق شبه منفذ يشبه السلوفان ومن الجهة الأخرى للغشاء يمر سائل لتنقية الدم يحتوي على جميع محتويات البلازما العادية ماعدا اليوريا والنواتج الإخراجية الأخرى للأيض وحيث أن تركيز تلك العناصر الضارة عالية في دم مريض الفشل الكلوى عنها فى السائل الموجود داخل وعاء الكلية الصناعية لذا تمر المواد الضارة من الدم عبر الجدران شبه المنفذة إلى السائل ثم يعاد الدم إلى المريض نقيا وتتكرر هذه العملية عدة مرات تستغرق عدة ساعات فى اليوم وتتكرر مرتين إلى ثلاث مرات أسبوعيا .



شكل (٥) جهاز الكلى الصناعى

ثانيا: الإخراج فى النبات

لا يشكل الإخراج فى النباتات أي مشكلة. وذلك لأن معدل سرعة الهدم فى النبات أقل بكثير من سرعته فى الحيوان إذا تساوا فى الوزن، ونتيجة لذلك فإن تجمع الفضلات في خلايا النبات يكون بطيئا جدًا. كما أن النباتات الخضراء تعيد استخدام فضلات الهدم فمثلًا co_2 والماء الناتجين عن عملية التنفس يعاد استخدامها في عملية البناء الضوئى. وكذلك فإن النبات يستطيع استعمال فضلاته النيتروجينية في بناء بروتينه اللازم. وخصوصًا أن الفضلات الناتجة عن أيض الكربوهيدرات أقل سمية بكثير من الفضلات النيتروجينية الناتجة عن أيض البروتينات.

وفى النباتات الأرضية فإن الفضلات الأيضية مثل الأملاح والأحماض العضوية تختزن فى خلايا النبات على شكل بللورات عديمة الذوبان إما فى السيتوبلازم أو فى الفجوات العصارية. ومادامت عديمة الذوبان فهى لا تشكل أى ضرر على الخلية النباتية. وكثير من النباتات تطرح غاز co_2 وبعض الأملاح المعدنية عن طريق الجذور. كما أن بعض النباتات التي تنمو في تربة غنية جدا بالكالسيوم تتخلص من هذا العنصر الزائد عن طريق تجميعه فى الأوراق التى تسقط فى النهاية. ويتخلص النبات من غاز ثاني أكسيد الكربون الناتج عن التنفس والأكسجين الناتج عن البناء الضوئي بالانتشار عن طريق ثغور الأوراق. أما الماء الزائد فيتم طرح معظمه بعملية النتح وبعضه يخرج **بعملية الادماع** guttation حيث يشاهد خروج قطرات مائية عند أطراف أوراق بعض النباتات فى الصباح الباكر فى نهاية فصل الربيع. وتخرج قطرات الادماع عن غير طريق الثغور إذ يوجد لها جهاز دمعى متخصص قد يتكون من خلية واحدة أو من عدة خلايا تفتح بفتحة تسمى **الثغر المائى** Hydathode ويتميز بدوام انفتاحه. كما تتميز القطرات الدمعية بأنها ليست ماءًا خالصًا وإنما يوجد بها بعض المواد المختلفة قد تترسب إذا تبخر ماء الأدماع بسرعة (شكل ٦).



شكل (٦) الادماع

النتح Transpiration

تسمى عملية فقد النبات للماء في صورة بخار «النتح» وأكثر ٩٠٪ من مجموع الماء الذى يفقده النبات يخرج عن طريق الثغور ويطلق عليه **النتح الثغري** Stomatal Transpiration أما بخار الماء الذي قد يمر أيضًا بطريقة مباشرة من خلال بشرة المجموع الخضرى والتى تكسوها مادة الكيوتين الشمعية فهو **نتح كيوتينى** Cuticular Transpiration ولا يتجاوز مقداره عادة ٥٪ من بخار الماء الكلى المفقود. كما أن السوق الخشبية للأشجار تفقد مقادير صغيرة من بخار الماء خلال العديسات بواسطة **النتح العديسى** Lenticular Transpiration

يحتاج النبات إلى كميات هائلة من الماء يمتصها من التربة، يدخل أغلبه من خلال الجذور لتنقله الأنسجة الموصلة الناقلة من الجذر إلى الساق فالأوراق – ويفقد فى نفس الوقت أغلب هذه الكميات من الماء بصفة تكاد تكون مستمرة. وما يحدث هو أن الماء يتسرب في صورة بخار من جدر الخلايا الرطبة للنسيج المتوسط (الميزوفيلى) بالورقة إلى هواء المسافات البينية (الجيوب الهوائية) التىتتخلل الخلايا. ومنها يمر بالانتشار خلال فتحات الثغور إلى الهواء الخارجى .

وكذلك الحال بالنسبة لسائر الخلايا الأخرى التى تطل على المسافات البينية الأخرى المتخللة لكافة أنسجة النبات.

على أن نسبة قليلة من الماء تمر أيضًا خلال طبقة الكيوتيكل التى تغطى بشرة الاعضاء النباتية المعرضة للهواء الخارجى. وكذلك من العديسات (وهى فتحات توجد فى طبقة الفلين التى تغطى سيقان الأشجار الخشبية) وباختصار فإنه يمكن القول أن السطح الكلى للنبات المعرض للهواء الجوى يفقد الماء.

ونظرا لأن الثغور أكثر وجودًا على أوراق النبات عن أى عضو آخر من المجموع الخضرى فإن النتح يتم أغلبه فى الأوراق.

تجربة: إثبات أن النبات يقوم بعملية النتح:

خذ نباتا مورقًا مزروعًا في أصيص، ثم يغطى الأصيص المعرض للهواء بورق مشبع بزيت البارافين.

ضع الأصيص عل لوح زجاجى. ثم نكس على الأصيص ناقوسا زجاجيا وانتظر فترة من الوقت.

ماذا تشاهد؟

تبدأ قطيرات دقيقة من الماء في الظهور على السطح الداخلي للناقوس الزجاجي، لا تلبث أن تتجمع في النهاية إلى قطرات أكبر وتسيل على جدر الناقوس إلى أسفل. (شكل ٧)



شكل (٧) النبات الأخضر ينتح

ماذا تستنتج؟

يدل ذلك على أن الهواء بداخل الناقوس قد استقبل قدرًا من بخار الماء لابد أن يكون مصدره النبات، وقد تكثف جزء منه في صورة قطرات. ويمكن التأكد من أنه ماء باستخدام كبريتات النحاس البيضاء (اللامائية) التي يتحول لونها إلى الأزرق.

ويستنتج من ذلك أن الماء يمر من أجزاء النبات المعرضة للهواء إلى الهواء المحيط.

فوائد النتح للنبات:

من أهم وظائف النتح للنبات أنه يعمل على تخفيف حدة إرتفاع درجة حرارته وأيضًا يساعد على رفع الماء والأملاح من الأرض.

١- تخفيف حدة ارتفاع درجة الحرارة:

نعلم أن جزءًا كبيرًا من الطاقة التي تمتصها أوراق النبات تكون في صورة حرارة ، أو تحول إلى حرارة فى داخل أنسجة الورقة، ويتصور أن الطاقة الممتصة التى تزيد عن الحاجة التى تستخدم فى عملية البناء الضوئى قد تسبب ارتفاعًا فى درجة حرارة الورقة – وخاصة فى الأيام المشمسة الدافئة – يضر البروتوبلاست أو يميته إذا لم يعمل النتح بتأثير تبخير الماء (النتح) على تبريد النبات وخفض درجة الحرارة نسبيا.



٢- رفع الماء والأملاح من التربة:

تحتوى خلايا الجذر على عصارة خلوية يكون تركيزها من المواد الذائبة (العضوية وغير العضوية) أكثر من تركيز محلول التربة. ونتيجة لذلك فإن الماء الأرضى يدخل خلايا الجذر بالقوة الأسموزية Osmosis ويكون جهد الأسموزية كافيًا لتحريك الماء من الشعيرات الجذرية إلى أنسجة الجذر الداخلية حتى أوعية وقصيبات الخشب، ثم يرتفع فى أوعية الساق وينتقل إلى أوعية الورق (العروق الصغيرة) فخلايا النسيج الميزوفيلى ويؤدى ذلك إلى تخفيف تركيز عصارتها الخلوية، وبالتالى إلى تقليل قدرة هذه الخلايا على شد الماء أو وقف هذا الشد كلية.

ولكن خلايا الميز وفيل تتخللها مسافات بينية واسعة مليئة بالهواء، وإذا ما تبخر ماء الخلايا إلى ذلك تباعًا فإن تركيز عصارة الخلايا يأخذ في التزايد بالتدريج مما يستتبع زيادة قدرته على سحب الماء من أسفل. ويشير ذلك إلى دور النتح فى شد الماء إلى أعلى بوضوح.

وبالنظر إلى أن القوة الأسموزية لا تكفى إلا لتحريك الماء إلى أعلى فى ساق النبات لمسافة قصيرة فى ظاهرة تسمى «الضغط الجذرى» وبالنظر إلى أن بعض الأشجار تتطلب تحريك الماء فى أوعيتها إلى ارتفاع يصل فى بعضها إلى ١٢٥ مترًا فإن ذلك يتم تفسيره من خلال نظرية «التماسك والتلاصق» التى سبق لك دراستها فى الفصل الثانى.

تجربة: لإيضاح أن الماء يصعد فى الخشب ليصل إلى الأوراق:

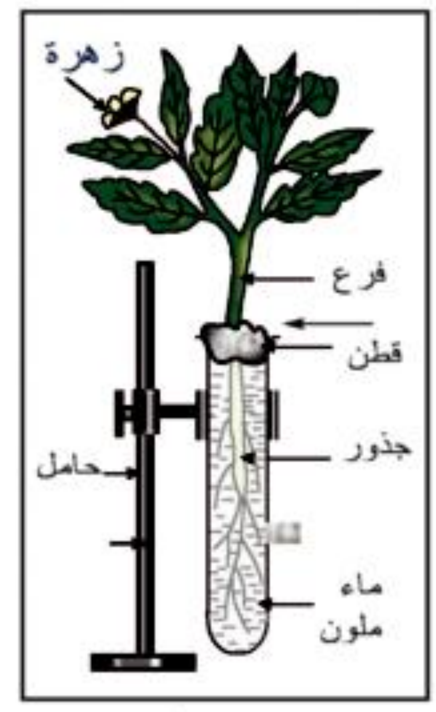
(أ) خذ أنبوبة اختبار واملأها بمحلول صبغة الأيوسين. انزع نباتًا صغيرًا مزهرًا (يكون مزروعًا فى أصيص) بجذوره باحتراس. اغمر جذور النبات فى محلول الأيوسين بأنبوبة الاختبار ثم سد حول ساقه بقطعة قطن عند فوهة الأنبوبة . احفظ الأنبوبة مثبتة فى وضع رأسى لعدة ساعات. (شكل ٨)

ماذا تشاهد؟

تشاهد أن قواعد الأعناق يصبح لونها قرنفليًا كما أن عروق بتلات الزهرة يصبح لونها أيضًا قرنفليًا.

(ب) اعمل قطاعًا عرضيًا رقيقًا فى ساق النبات وافحصه ميكروسكوبيًا (بعد وضعه على شريحة زجاجية).

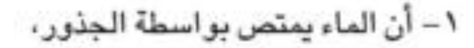
المشاهدة: يشاهد أن نسيج الخشب هو وحده الذى أخذ لون صبغة الأيوسين.



شكل (٨) صعود الماء فى أوعية الخشب

ماذا تستنتج من هذه التجربة؟

تلون قواعد الأعناق وعروق بتلات الأزهار باللون القرنفلى يدل على أن محلول الأيوسين الموضوع فى أنبوبة الاختبار قد وصل إلى هذه الأعضاء. وتوضح هذه التجربة:



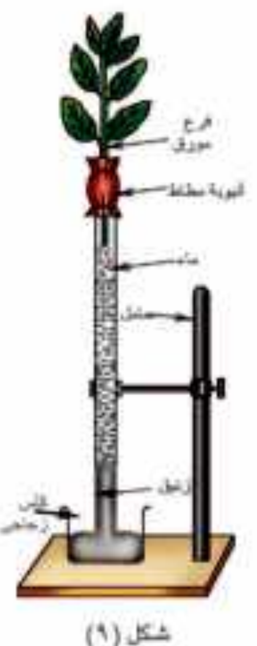
١– أن الماء يمتص بواسطة الجذور،

٢– أن الماء ينقل إلى أعلى خلال خشب الساق إلى الأوراق.

تجربة لتوضيح صعود الماء فى النبات بقوة النتح:

املأ كأسًا صغيرة بالزئبق. املأ أنبوبة رفيعة بالماء ونكسها فى الزئبق بالكأس (ينغمر طرفها السفلى فى الزئبق). اقطع فرع نبات مورق مزروع فى أصيص بحيث يكون القطع تحت سطح الماء. دع طرف الفرع (الساق) السفلى ينفذ من سدادة من الفلين (بحجم فوهة الأنبوبة) من ثقب بها (بنفس حجم الساق تقريبًا أو أوسع قليلًا). ثبت سدادة الفلين وفرع النبات مثبت بها على فوهة الأنبوبة العلوية واحكم سدها بوضع فازلين أو قطعة نسيج مشبعة بالزيت حول السدادة عند اتصالها بالأنبوبة . حدد سطح الزئبق فى الأنبوبة. (شكل ٩)

اترك الجهاز فى مكان مفتوح فترة.



شكل (٩)
قوة الشد الناتجة عن النتح

ماذا تشاهد؟

يرتفع سطح الزئبق فى الأنبوبة فى نهاية التجربة عن سطحه الأصلى قبل التجربة.

ماذا تستنتج؟

يعزى ارتفاع سطح الزئبق فى الأنبوبة إلى النتح.

التفسير: فرع النبات فقد ماء، ثم امتص ماء من الأنبوبة لتعويض الماء الذي فقده خلال النتح، فارتفع الزئبق فى الأنبوبة. مما يوضح أن فقد النبات للماء يولد شدًا يرفع الماء إلى أعلى.

الأنشطة العملية

أ- دراسة قطاع فى جلد الإنسان. للتعرف على تركيبه.

ب- فحص وتشريح كلية حيوان ثديى للتعرف على التركيب الداخلى للكلية.

جـ- إثبات حدوث النتح باستخدام البوتومتر.

أسـئلة

س١ : اكتب المصطلح العلمى الذى تدل عليه كل عبارة مما يأتى:

١- عملية حيوية يقوم بها الكائن الحى للتخلص من نواتج التمثيل الغذائى الضارة.

٢- وحدة وظيفية للإخراج تقع فى الكلية وتقوم باستخلاص البول.

٣- خروج الماء عند أطراف أوراق بعض النباتات في الصباح الباكر.

س٢: اختر الإجابة الصحيحة فيما يلى:

١- أى من التراكيب التالية يتحكم فى خروج البول من الجسم؟

(أ) المثانة البولية (ب) مجرى البول

(جـ) الكليتان (د) العضلة الدائرية المحيطة بفتحة المثانة البولية

٢- تصنع مادة اليوريا (البولينا) بجسم الإنسان فى:

(أ) الجلد (ب) الكلية

(جـ) الكبد (د) الرئة

٣- يتدفق الدم في الشريان الكلوى لتنقيته من المواد المسرفة بالكلية بمعدل:

(أ) لتر واحد فى الدقيقة (ب) لترين فى الدقيقة

(جـ) لترين فى الساعة (د) ثلاثة لترات فى الدقيقة

٤- عندما يكون الجو حارًا للغاية يزداد معدل العرق لأن الشعيرات الدموية بالجلد:

(أ) تتسع (ب) تضيق

(جـ) تنقبض (د) تتفلطح

٥- من وظائف طبقة بشرة جلد الإنسان:

(أ) امتصاص الهواء (ب) إخراج غاز

(جـ) إنتاج العرق (د) منع غزو البكتريا للجسم

٦- التركيب المختص باستخلاص البولينا بجسم الإنسان هو

(أ) المثانة البولية (ب) قشرة الكلية

(جـ)أنابيب ملبيجى (د) النفرون

٧- **يبلغ عدد الوحدات الوظيفية بكليتى الإنسان حوالى:**

(أ) مليون (ب) ثلاث ملايين (جـ) مليونين

(د) خمسة ملايين

٨- **جزء النفرون الذى يتكون من أنبوبة دقيقة بشكل انتفاخ مزدوج الجدار تتفرع داخله شعيرات دموية غزيرة يسمى:**

(أ) محفظة بومان (ب) ثنية هنل (جـ) الجمُع أو الكبُة (د) كأس كلوى

س ٣ الشكل التخطيطى التالى يوضح تركيب أحد النفرونات وإمدادها الدموى بكلية الإنسان، اجب عن الأسئلة التالية:-

١- اكتب الرقم الدال على الأجزاء التالية بجانب كل منها:

(أ) محفظة بومان..............

(ب)الأنبوبة الجامعة ....

(جـ) الأنبوبة الملتوية القريبة ....

(د) الأنبوبة الملتوية البعيدة..............

٢- اشرح كيف تمر المواد من الجزء رقم (٢) إلى الجزء رقم (٣).

٣- اذكر اسم مركبين بالدم يمران بالجزء رقم (٢) ولا يمران بالجزء رقم (٣)

٤- وضح سبب عدم مرور المركبين السابقين من الجزء رقم (٣) .

٥- السائل المار بالجزء رقم (٣) من الشكل يوجد به كل من الجلوكوز والماء واليوريا (البولينا) اشرح ما الذى يحدث لهذه المركبات خلال مرورها بالجزء المتبقى من النفرون.

٦- اذكر اسم السائل الذى يمر من الكلية إلى المثانة البولية.

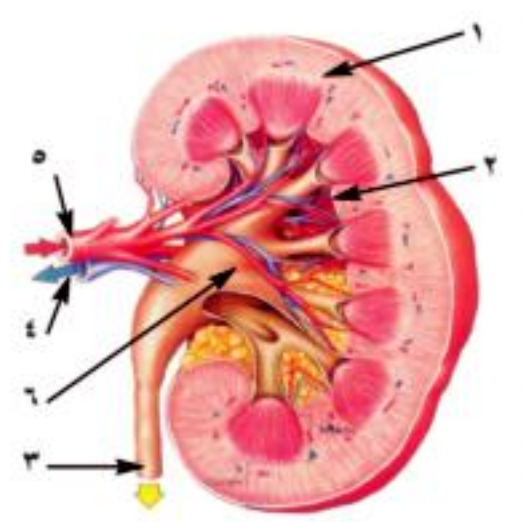
س ٤ قارن بين الكلية فى الفقاريات الدنيا والكلية فى الفقاريات الراقية

س٥ علل لما يأتى:

١- لا تعتبر عملية التبرز فى الإنسان عملية إخراج بالمفهوم العلمى.

٢- يستمر إخراج العرق من الجلد فى الشتاء رغم برودة الجو.

س ٦ الشكل التخطيطى المقابل يمثل مقطعا طوليا بكلية الإنسان، ادرسه، ثم أجب عن الأسئلة التالية:



١ – اكتب أسماء وخصائص أجزاء الشكل المميز للأرقام من ١ إلى ٦

٢ – تتوقف كمية البول التى تستخلصها الكليتين من الدم فى اليوم الواحد على عدة عوامل اذكر اثنين من هذه العوامل؟

٣ – يقوم جسم الإنسان بتكوين مادة البولينا عن طريق هدم بعض المواد الغذائية الزائدة عن حاجته، ما عضو جسم الإنسان الذى يقوم بتكوين البولينا؟

وما المادة التى يكون منها البولينا؟ وما العضو الذى يخلص الجسم من الكمية الكبرى من البولينا؟

٤ – يدخل الكلية سائل ويتركها سائلان، ما هذه السوائل التى تدخل وتخرج من الكلية؟

س ٧ اكتب نبذة مختصرة عما يأتى:

الثغر المائى – النتح الكيوتينى – النتح الثغرى – النتح العديسى

س ٨ اشرح تجربة توضح صعود الماء فى النبات بقوة النتح.



التركيب والوظيفة فى الكائنات الحية

الفصل الخامس

الاحساس فى الكائنات الحية

فى نهاية هذا الفصل ينبغى أن يكون الطالب قـــادرًا على أن:

- يتعرف مفهوم الإحساس فى الكائنات الحية .
- يفسر استجابة بعض النباتات للمس وحركة اليقظة والنوم .
- يذكر مفهوم الانتحاء فى النبات .
- يفسر دور الأوكسينات فى عملية الانتحاء الضوئى والأرضى والمائى لكل من الساق والجذر .
- يفسر عملية انتقال السيال العصبى خلال التشابك أو الليفة العصبية .
- يفسر كيفية حدوث الفعل المنعكس .
- يميز بين العصب والليفة العصبية.
- يكتسب مهارة :

أ- التعبير بالرسم ، مثل الخلية العصبية

ب - الفحص المجهرى للخلية العصبية .

جـ- الربط بين التركيب والوظيفة - كالجهاز العصبي

د - التجريب واستخلاص النتائج (تجارب الانتحاء)



مفهوم الإحساس وحاجة الكائن الحى إليه

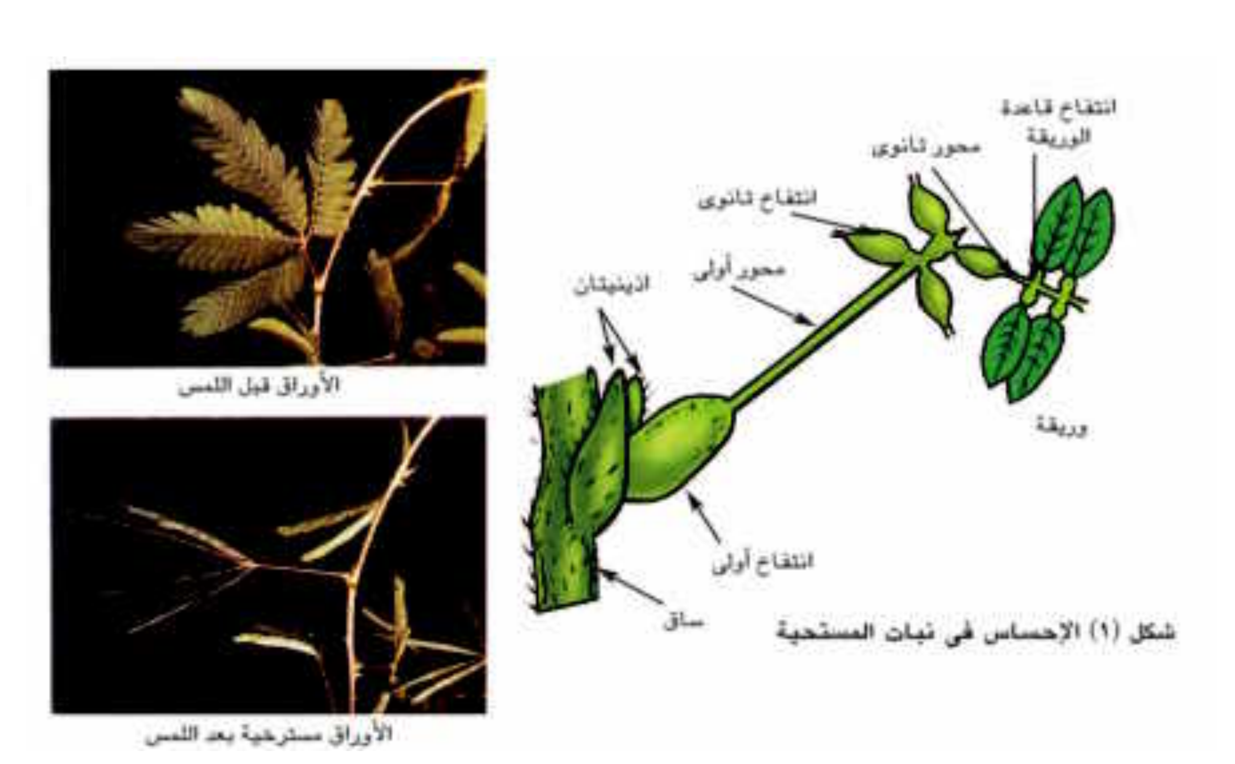
الإحساس Irritability هو أحد خواص الكائن الحى التى يستجيب لها استجابة مناسبة تعمل على الحفاظ على حياته. والإحساس فى الحيوان أكثر وضوحًا منه فى النبات، وهو يبلغ أعلى درجة من الكفاية والإتقان فى حالة الانسان.

أولًا الإحساس فى النبات

١- استجابة النبات للمس والظلام:

لو أنك لمست وريقة من وريقات نبات الست المستحية(Mimosa) فإنها تتدلى كما لو كان قد أصابها الذبول، ثم يتعاقب تدلى ما يحاورها من الوريقات إلى أن يعم التأثير كل الوريقات ويتبع ذلك انحناء عنق الورقة فيتدلى بدوره.

ولو أنك راقبت وريقات نبات المستحية نهارًا ثم ليلًا لوجدت أنها تكون منبسطة بالنهار، فإذا ما أقبل الليل تقاربت الوريقات. ويعبر عن ذلك أن هناك حركة يقظة ونوم.



شكل (١) الإحساس فى نبات المستحية

مطابع الدار الهندسية/زهراء المعادي

وتفسر كل من الحركتين على أساس امتلاء الخلايا، ذلك أن أوراق نبات المستحية أوراق مركبة ريشية لكل منها محور أولى يحمل فى نهايته أربعة محاور ثانوية، يحمل كل منها صفين من الوريقات، ويوجد انتفاخ فى قاعدة كل محور أولى وثانوى ووريقة بشكل (١)، وعندما نلمس الوريقة أو يحل المساء تنحنى المحاور الأولية نحو الأرض وتنخفض المحاور الثانوية وتنطبق الوريقات المتقابلة بعضها على بعض وتلعب الانتفاخات دور المفاصل فى الحركة إذ يتقلص سطحها السفلى باللمس أو الظلام ويؤدى إلى زيادة النفاذية من خلاياه فيخرج منها الماء إلى الأنسجة المجاورة، ومن ثم ترتخى ولكنها تستعيد الماء بعد زوال التنبيه.

وقد وجد أن جدر خلايا النصف السفلى من الانتفاخ أكثر رقة وحساسية من جدر خلايا النصف العلوى وأنها تلعب الدور الرئيسي فى هذه الحركة.

٢- الانتحاء : Tropism

إن أكثر أنواع الإحساس وما يتبعها من حركة حدوثا فى النبات يتمثل فى عملية الانتحاء فمن المعروف أن نمو السوق والجذور يخضع لعوامل مختلفة كالضوء والرطوبة والجاذبية الأرضية، فمتى وقعت هذه العوامل بصورة غير متساوية على جانبى الساق أو الجذر أحدثت فيه انحناء يطلق عليه الانتحاء.

ونذكر فيما يلى بعض أنواعه:

أ- الانتحاء الضوئى: Phototropism

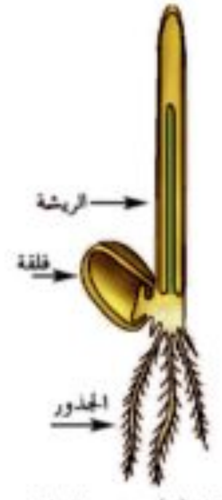
تجربة: ضع كأسا به ماء يطفو على سطحه قرص من الفلين مثبت به بادرة نبات مستقيمة الجذور والساق داخل صندوق مغلق مظلم به فتحة صغيرة فى أحد جوانبه ينفذ منها الضوء واتركه عدة أيام.



شكل (٢) يتجه الساق نحو الضوء ويتجه الجذر بعيدا عنه

تشاهد انحناء طرف الساق نحو الفتحة التى يدخل منها الضوء بينما ينتحى الجذر بعيدًا عن الضوء شكل (٢).

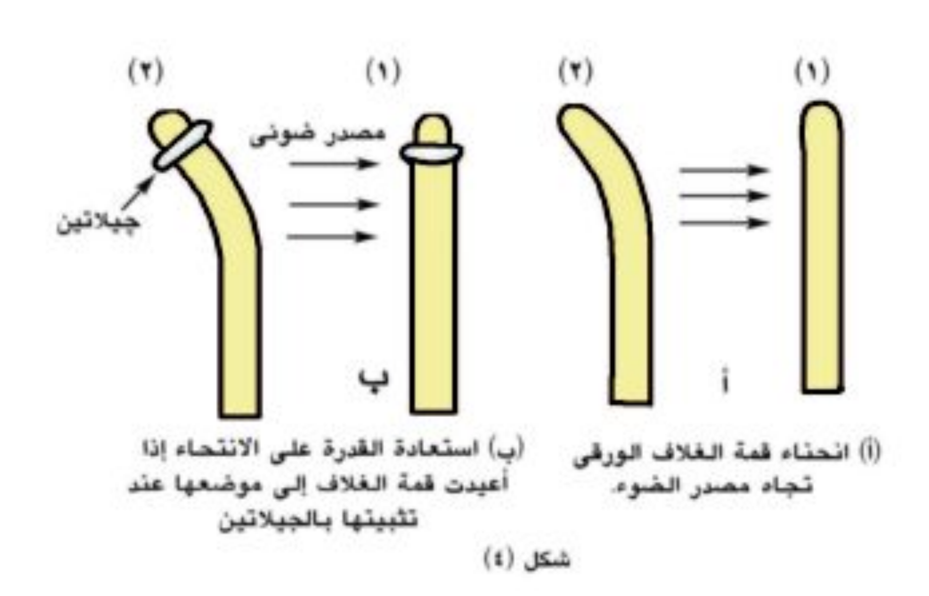
والتفسير المباشر لحركة الانتحاء هو تباين نمو جانبى الساق أو الجذر القريب والبعيد عن مصدر الضوء (زيادة نمو جانب الساق البعيد عن الضوء عن الجانب المواجه للضوء، والعكس فى الجذور) ولكن ما سبب هذا النمو المتباين بين الجانبين؟ ولماذا يختلف الجذر عن الساق في حركة الانتحاء؟



شكل (٣) يوضح الغلاف الورقى لبادرة الشوفان

لقد استطاع العلماء تفسير هذه الظاهرة. فقد وجد «بويسن جنسن» Boysen Jensen أن الغلاف الورقى لبادرة الشوفان شكل (٣) يفقد قدرته على الانتحاء ناحية الضوء إذا نزعت قمته (١–٢ مم من القمة) ولكنه يستعيد هذه القدرة عند إعادة القمة المنزوعة إلى مكانها مباشرة أو عند تثبيتها بالجيلاتين شكل (٤ ب).

أما إذا فصلت القمة عن بقية الغلاف الورقى بصفيحة من الميكا فإنه لن يكون هناك أى انحناء. ويدل ذلك على أن قمة الغلاف الورقى للبادرة قد كونت موادًا كيميائية استطاعت النفاذ عبر الجيلاتين لتؤثر في منطقة النمو ولكنها لم تستطع النفاذ من الصفيحة المعدنية وتسمى هذه المواد «الأوكسينات» Auxins (وقد عرف تركيبها الكيميائى فيما بعد ووجد أن أكثرها شيوعًا هو أندول حمض الخليك).



(أ) انحناء قمة الغلاف الورقى تجاه مصدر الضوء.

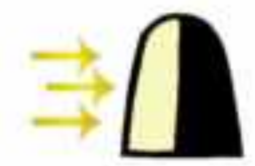
(ب) استعادة القدرة على الانتحاء إذا أعيدت قمة الغلاف إلى موضعها عند تثبيتها بالجيلاتين

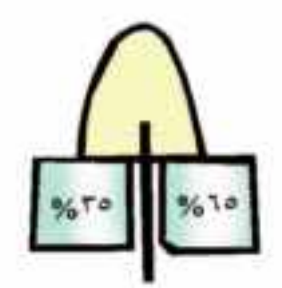
شكل (٤)

مطابع الدار الهندسية/زهراء المعادي

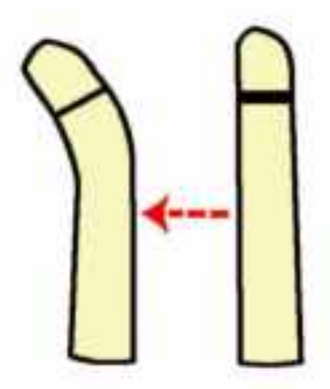
ولما كان الانحناء نحو الضوء ينشأ عن تباين فى نمو جانبى الطرف المعرض للضوء، فإن هذا يلزم وجود كميات غير متكافئة من «الأوكسينات» فى كل من جانبى قمة الغلاف الورقى للبادرة.

وللتحقق من ذلك أجريت عدة تجارب نذكر منها تجربة «فنت» Vent شكل (٥) فقد عرض غلاف بادرة الشوفان من جانب واحد لإضاءة مناسبة شكل (٥ – أ)، ثم فصل القمة و وضعها على قطعتين من الاجار بينهما صفيحة معدنية، بحيث ينتشر الأوكسين من الجانب المضاء فى إحدى القطعتين


(أ) قمة الغلاف الورقى معرض للضوء الجانبى



(ب) عدم تماثل توزيع الأوكسين كما يظهر من انتشاره فى الأجار


(جـ) مثل هذه القمة تسبب انحناء قمة غلاف ورقى لم يعرض للضوء

شكل (٥) تجربة فنت

وينتشر من الجانب المظلم في القطعة الأخرى ثم قاس تركيز الأوكسين فى كلا من القطعتين فوجد أن كميةكبيرة منه قد تجمعت فى القطعة التى كانت تمس الجزء البعيد عن الضوء من غلاف البادرة شكل (٥ – ب)، ومعنى ذلك أن الأوكسين قد هاجر من الجانب المواجه للضوء إلى الجانب البعيد عنه، ومثل هذه القم تسبب انحناء قمة غلاف ورقى لم يعرض للضوء إذا نزعت قمته ووضعت هى بدلًا منها شكل (٥ – جـ)

معنى هذا أنه عند تعرض قمة ساق البادرة للضوء تنتقل الأوكسينات من الجانب المواجه للضوء إلى الجانب البعيد عنه مما يؤدى إلى استطالة خلايا هذه الجانب بدرجة أكبر من استطالة خلايا هذا الجانب بدرجة أكبر من استطالة الجانب المواجه للضوء فينتحى الساق نحو الضوء. ويسمى الساق «منتح ضوئى موجب».

أما فى الجذر فإن تجمع الأوكسينات فى الجانب المظلم من الجذر يحدث أثرًا عكسيا إذ يمنع استطالة الخلايا فى هذا الجانب بينما تستمر خلايا الجانب المضاء فى النمو فينتحى الجذر بعيدًا عن الضوء ويسمى الجذر – «منتح ضوئى سالب».

ويفسر هذا الاختلاف بين الجذر والساق بأن تركيز الأوكسينات اللازم لاستطالة خلايا الجذر يقل كثيرًا عن التركيز اللازم لاستطالة خلايا الساق، وعلى ذلك فإن زيادة تركيز الأوكسينات عن حد معين يمنع استطالة خلايا الجذر فى الوقت الذى يحفز فيها إستطالة خلايا الساق.

ب- الإنتحاء الأرضى: Geotropism

يقصد بالانتحاء الأرضى استجابة النبات النامى لمؤثر خارجى هو الجاذبية الأرضية فتنتحى الأعضاء النباتية تجاهها أو بعيدا عنها، فمن المعروف أن الجذر يتجه عموديا إلى أسفل التربة على حين يتجه الساق إلى أعلى، وكان يظن أن الجذر يتجه إلى أسفل طلبا للغذاء وهربا من الضوء، ولكن ذلك الزعم خاطئ، فعند تنكيس إصيص يحوى نبت فإن الجذر يتجه إلى أسفل لا إلى التربة على حين تتجه الساق إلى أعلى.

تجربة: استنبت بعض البذور فى إصيص به تربة منداه بالماء. فتنمو الريشة رأسيًا إلى أعلى والجذر رأسيا إلى أسفل، ضع إحدى البادرات فى وضع أفقى شكل (٦ – أ) واتركها عدة أيام تشاهد انحناء طرف الساق إلى أعلى ضد اتجاه الجاذبية الأرضية شكل (٦ – ب) بينما ينتحي طرف الجذر إلى أسفل. ومعنى ذلك أن السيقان والسويقات سالبة الانتحاء الأرضى أما الجذر فموجب الانتحاء الأرضى



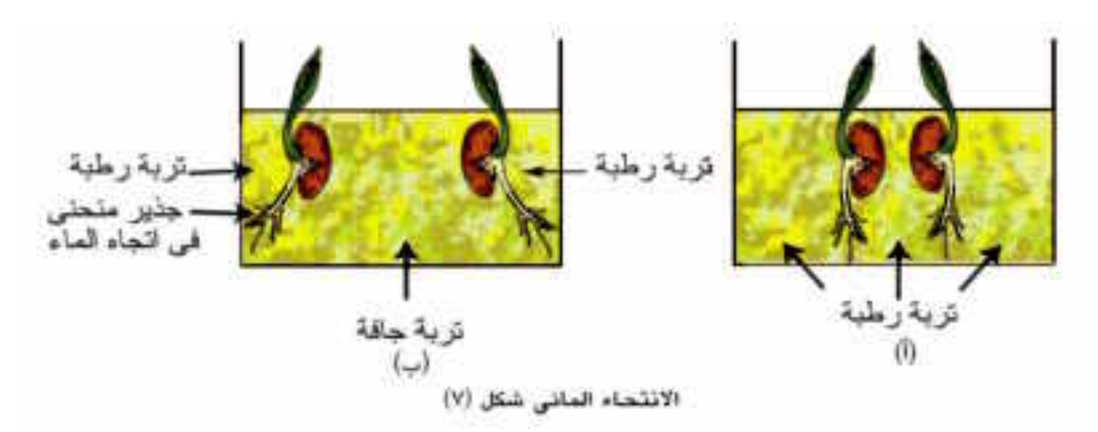
(ب) شكل (٦) أثر الجاذبية الأرضية فى الإنتحاء (أ)

ويرجع الانتحاء، كما سبق أن ذكرنا إلى تباين نمو جانبى العضو للتوزيع غير المتماثل للأوكسينات فى عضو النبات.

عندما يكون النبات فى الوضع الرأسى الطبيعى تكون الأوكسينات موزعة بانتظام فى كل من القمة النامية للساق والجذر، لذا ينمو الساق مباشرة إلى أعلى والجذر إلى أسفل ولكن عند وضع النبات أفقيا تتراكم الأوكسينات فى الجانب السفلى لكل من الساق والجذر فيؤدى إلى تنشيط خلايا السطح السفلى له فتنمو وتستطيل بدرجة أكبر من خلايا السطح العلوى مما يؤدى إلى إنحناء طرف الساق إلى أعلى ضد الجاذبية الأرضيه شكل (٦ – أ)، ويحدث عكس ذلك فى الجذر إذ يعطل تركيز الأوكسينات فى الجانب السفلى للجذر من نمو واستطالة هذا السطح فى الوقت الذى تستمر فيه خلايا السطح العلوى فى النمو والاستطالة مما يؤدى إلى انحناء طرف الجذر إلى أسفل.

ج - الانتحاء المائى: Hydrotropism

تجربة : احضر إناءين متماثلين شكل(٧) (حوضين من الزجاج) وضع فيهما كميتين متساويتين من التربة الجافة، أزرع فيهما بعض البذور ثم رش التربة فى الإناء الأول بانتظام،شكل (٧ – أ)، أما الإناء الثانى بشكل (٧ – ب) فضع الماء على جوانبه فقط. أترك الإناءين لعدة أيام تشاهد أن الجذور فى الإناء الأول تنمو مستقيمة ورأسيه، أما الجذور فى الإناء الثانى فتنحنى وتتجه فى نموها نحو الماء الموجود على جوانبه.



الانتحاء المائى شكل (٧)

ويرجع نمو الجذور المستقيمة دون انحناء فى الإناء الأول لتساوى انتشار الماء فى التربة حول الجذر، أما انحناء الجذور فى الإناء الثانى فيرجع إلى وجود الماء فى جانب الإناء وعدم وجوده فى وسط الإناء مما تسبب عنه عدم تساوى انتشار الماء حول الجذر، وهكذا تتجمع الأوكسينات فى جانب الجذر المواجه للماء فتعطل استطالة خلاياه بينما تستمر خلايا الجانب الآخر فى الاستطالة والنمو مما يسبب انحناء الجذر نحو الماء، ومعنى هذا أن الجذر «منتح مائى موجب».

ثانيًا : الجهاز العصبى والإحساس فى الإنسان

Nervous System & Sensation

الجهاز العصبى : Nervous System

يتحكم الجهاز العصبى فى نشاطات جميع وظائف اجهزة جسم الإنسان وينسق اعمالها بدقة بالغة وكذلك وسيلة لتلقى المعلومات سواء كانت خارجية أو داخلية عن طريق المؤثرات بواسطة اجهزة الاستقبال ثم الاستجابة لها وذلك ليكون الانسان على اتصال دائم ومباشر مع ما يحدث مع بيئته الخارجية والداخلية فيحفظ الوضع الداخلى للإنسان ثابتا ومتزنا، ويكون هذا بالتعاون مع جهاز الغدد الصماء.

ولقد بلغ هذا الجهاز اقصى درجة من درجات التطور قى الحيوانات الفقارية خاصة فى الإنسان.

ويقسم الجهازالعصبى إلى:

١- الجهاز العصبى المركزى : Central Nervous System (CNS)

يشمل هذا الجهاز الدماغ (المخ) والنخاع الشوكى

٢- الجهاز العصبى الطرفى: Peripheral Nervous System

يشمل الأعصاب المخية والأعصاب الشوكية .

والجهاز العصبى الذاتى : Autonomic Nervous System

يرتبط هذا الجهاز بعضلات الجسم اللاارادية وغدد الجسم ويقسم هذا الجهاز إلى قسمين :

مطابع الدار الهندسية/زهراء المعادي

أ- الجهاز السمبثاوى: Sympathetic Nervous System

تتصل أليافه العصبية بالمنطقة الصدرية والمنطقة القطنية من النخاع الشوكى.

ب- الجهاز البارا سمبثاوى : Parasympathetic Nervous System

تتصل أليافه العصبية بالجهاز العصبى بالمخ ومنطقة العجز من النخاع الشوكى.

وقبل دراسة مكونات هذا الجهاز لابد من الإشارة الى تركيب الخلية العصبية وهى وحدة بناء الجهاز العصبى.

الخلية العصبية : Nerve Cell

الخلية العصبية (شكل ٨) صغيرة الحجم لا ترى بالعين المجردة مثل باقى الخلايا وتعتبر وحدة بناء الجهاز العصبى وتتكون من:

أ- جسم الخلية :

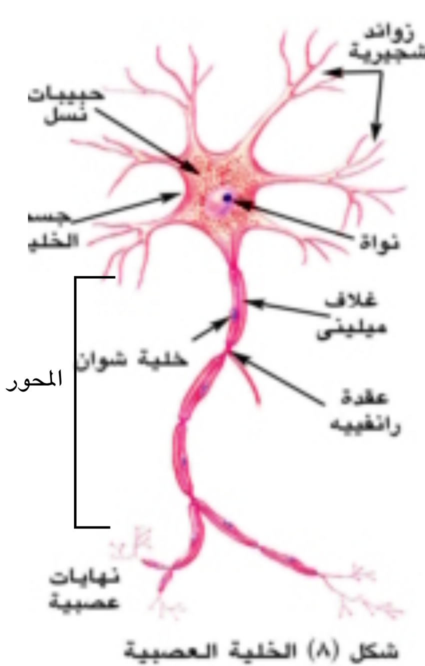
ويحتوى على نواة مستديرة يحيط بها سيتوبلازم يعرف بالنيوروبلازم Neuroplasm والذى يحتوى على لييفات دقيقة تسمى لييفات عصبية كما يحتوى على حبيبات دقيقة تعرف بحبيبات نسل، والتى لاتوجد إلا فى الخلايا العصبية ويعتقد أنها غذاء مدخر تستهلكه الخلية أثناء نشاطها. كما تحتوى الخلية على كل العضيات الأخرى مثل الميتوكوندريا وأجسام جولجى ماعدا الجسم المركزى (السنتروسوم)

ب - زوائد الخلية العصبية :

ويوجد منها نوعان:

١- الزوائدالشجيرية : Dendrites

وهى زوائد قصيرة وعديدة تخرج من جسم الخلية لزيادة مساحة السطح العصبى المستقبل للنبضات العصبية، إذ ان معظم التنبيهات العصبية تدخل الى جسم الخلية عن طريقها وبعضها يدخل من خلال جسم الخلية.



شكل (٨) الخلية العصبية

٢- المحور : Axon

وهواستطالة سيتوبلازمية كبيرة قد تمتد الى أكثر من متر ويطلق عليه الليفة العصبية ويغلف المحور مادة دهنية بيضاء تسمى ميلين Mylein ويسمى هذا الغلاف بالغمد النخاعى Mylein Sheath، يكونه خلايا خاصة تعرف بخلايا شوان Schwann Cells المحيطة بالغمد النخاعى الذى يتقطع على أبعاد متتالية بعدد من الأختناقات تعرف باسم عقد رانفييه Nodes of Ranvier كما يحاط بالغمد النخاعى طبقة رقيقة تغلفه من الخارج تعرف بالغشاء العصبى. Neurolemma وينتهى المحور بنهايات عصبية Terminal Arborization وينقل المحور السيالات العصبية Impulses من جسم الخلية إلى منطقة التشابك العصبى Synapse .

هذا وقد وجد أن المحاور المغلفة بالميلين توصل السيالات العصبية أسرع من نظيراتها غير المغلفة لأنها تعتبر مادة عازلة.

مما سبق يمكن ملاحظة أن السيال العصبى يمر دائما فى اتجاه واحد أى أن التنبيهات العصبية تدخل إلى جسم الخلية العصبية عن طريق الزوائد الشجرية، بينما تقوم الزوائد المحورية بنقل التنبيه العصبى بعيدا عن جسم الخلية عن طريق التشابك العصبى.

أنواع الخلايا العصبية:

تنقسم الخلايا العصبية تبعا لوظيفتها إلى ثلاثة أنواع رئيسية:

أ- خلايا عصبية حسية :

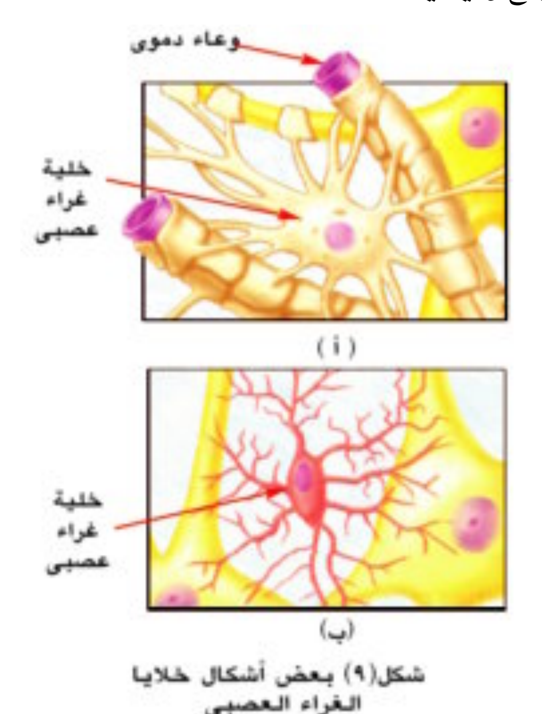
Sensory neurons :

تقوم هذه الخلايا بنقل السيالات العصبية من أعضاء الاستقبال إلى الجهاز العصبى المركزى

ب- خلايا عصبية حركية:

Motor neurons :

تقوم هذه الخلايا بنقل السيالات العصبية من الجهاز العصبى المركزى إلى أعضاء الاستجابة كالعضلات والغدد.



شكل(٩) بعض أشكال خلايا الغراء العصبى

مطابع الدار الهندسية/زهراء المعادي

جـ- خلايا عصبية موصلة (رابطة) Connector neurons

هى عبارة عن حلقة وصل بين الخلايا الحسية والحركية.

الغراء العصبى: Neuroglia

من ضمن مكونات النسيج العصبى بالإضافة إلى أجسام الخلايا العصبية وتفرعاتها يوجد نوع من الخلايا تعرف بخلايا الغراء العصبى التى تتميز بقدرتها على الانقسام (شكل ٩) وتقوم بالوظائف الرئيسية التالية:

أ- تدعم الخلايا العصبية حيث تعمل عمل النسيج الضام.

ب - تعمل كعازل بين الخلايا العصبية.

جـ- تقوم بتغذية الخلايا العصبية.

د- تساهم فى تعويض الأجزاء المقطوعة فى بعض الخلايا العصبية.

تركيب العصب:

يتكون العصب (شكل ١٠) من مجموعة من الحزم العصبية، وتحاط كل حزمة عصبية بغلاف من النسيج الضام، وتغلف مجموعات الحزم بغلاف العصب المكون من النسيج الضام والمزود بالأوعية الدموية.

والحزمة العصبية تتكون من مجموعة من الألياف العصبية (المحاور وما يحيط بها من أغلفة).

ترتبط مع بعضها البعض عن طريق الخلايا الغرائية (الدعامية)



شكل (١٠) يوضح تركيب العصب

السيال العصبى: Nerve Impulse

يطلق اسم السيال العصبى على الرسالة التى تنقلها الأعصاب من أعضاء الحس (أجهزة الاستقبال) إلى الجهاز العصبى المركزى ومن هذا الأخير إلى أعضاء الاستجابة.

فما هى إذن طبيعة السيال العصبى؟

انتقال السيال العصبى ما هو فى الحقيقة إلا ظاهرة كهربائية ذات طبيعة كيميائية ولكى نستوعب ما يحدث عند مرور السيال العصبى فى ليفة عصبية لابد لنا أن نلقى نظرة فاحصة على الخلية العصبية فى أربع حالات.

أ – الخلية العصبية فى وضع الراحة.

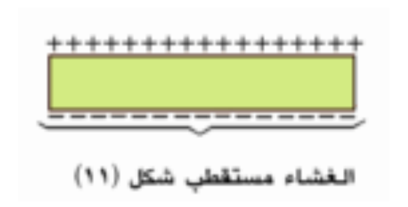
ب – التغيرات التى تحدث على الخلية العصبية عندما تنبه بمؤثر ما.

ج– كيفية انتقال السيال العصبى خلال الألياف العصبية.

د– كيف تعود الخلية العصبية أوالليفة العصبية إلى حالتها.

والآن سنتناول كل حالة من الحالات بشيء من التفصيل.

أ - الخلية العصبية فى وضع الراحة:



الغشاء مستقطب شكل (١١)

عند دراسة تركيز أيونات داخل وخارج الخلية العصبية وجد أن هناك اختلاف واضح فى تركيز الأيونات خارج وداخل الخلية حيث لوحظ مايلى :

– تركيز أيونات الصوديوم Na^+ خارج الخلية أكثر بكثير من تركيزه داخل الخلية بنسبة ١٠ – ١٥ مرة.

– تركيز أيونات البوتاسيوم K^+ داخل الخلية أكثر ثلاثون مرة عن تركيزها فى السائل الخارجى المحيط بالخلية.

– تركيز الأيونات السالبة داخل الخلية العصبية أعلى بكثير من تركيزها في الخارج نتيجة لوجود أيونات البروتينات وايونات الكلور Cl^-

– كمية الأيونات السالبة الموجودة داخل الخلية العصبية تعادل كل الشحنات الموجبة وتتفوق عليها.

– نشأ عن التوزيع غير المتكافئ للأيونات داخل وخارج الخلية العصبية ما يسمى بفرق الجهد التأثيرى Electrical potential Difference وأطلق على هذا الفرق اسم الجهد فى وقت الراحة Resting Potential وعند قياس قيمة هذا الفرق وجد انه يساوى حوالى –٧٠ مللى فولت وينتج عن هذا حالة تعرف بالاستقطاب Polarization (شكل ١١) حيث يكون سطح الخلية الخارجى موجبا والداخلى سالبا.

وحالة الاستقطاب هذه نتيجة:

١– النفاذية الاختيارية غير المتساوى لأيونات الصوديوم والبوتاسيوم فالغشاء العصبى أثناء الراحة أكثر نفاذية لايونات البوتاسيوم إلى الوسط الخارجى عن أيونات الصوديوم ٤٠ مرة وتستقر أيونات البوتاسيوم على السطح الخارجى للخلية مما يزيد من شحنتة الموجبة.

٢– وجود بروتينات متأينة ذات أوزان جزيئية عالية. وتحمل شحنات سالبة على الناحية الداخلية للغشاء العصبى بالإضافة إلى أيونات الكلور Cl^-.

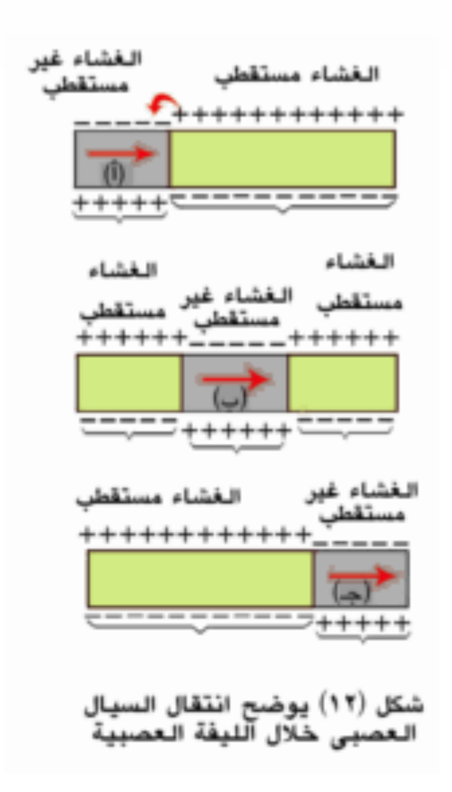
٣– مضخات الصوديوم والبوتاسيوم، والتى تلعب دورا فى المحافظة على الثبات النسبى لهذا التوزيع عن طريق النقل النشط حتى حدوث التنبيه ومرور السيال، وعلى هذا تتراكم أيونات البوتاسيوم الموجبة خارج الغشاء أثناء الراحة تاركة البروتينات السالبة (والتى لا تستطيع عبور الغشاء لحجمها الكبير) فى الناحية الداخلية منه وكذلك أيونات الكلور Cl^- حتي يصل فرق الجهد –٧٠ مللي فولت.

ب- التغيرات التى تحدث عند تنبيه الخلية العصبية:

لا تثار الخلية العصبية إلا إذا كان المؤثر كاف لإثارتها. تحدث تغيرات فى نفاذية غشاء الخلية للأيونات مما يؤدى إلى اندفاع أيونات الصوديوم بكميات كبيرة إلى الدخول داخل الخلية وتتدفع كميات قليلة من أيونات البوتاسيوم خارجها. وذلك عن طريق ممرات أو قنوات فى غشاء الخلية.

كمية الشحنات الموجبة التى تدخل الخلية تكفى لمعادلة كل الأيونات السالبة، لذا يصبح خارج الخلية سالب الشحنة إذا قورن بداخلها (عكس ما كان عليه وقت الراحة).

يطلق على الحالة الجديدة التى نشأت فى الخلية عملية إزالة الاستقطاب Depolarization ويصبح فرق الجهد حوالى + ٤٠ مللى فولت.



شكل (١٢) يوضح انتقال السيال العصبى خلال الليفة العصبية

جـ-كيفية انتقال السيال العصبى خلال الالياف العصبيه:

يعمل إزالة الاستقطاب كمنبه للمنطقة المجاورة من العصب فيحدث فيها تغيرات تشبه تماما التى ذكرت عند تنبيه الخلية العصبية لأول مرة (شكل ١٢) أى أن السيال العصبى ينتقل على هيئة موجات من إزالة الاستقطاب ثم عودته ثم إزالته وهكذا على طول الليفة العصبية.

د - كيف تعود الخلية العصبية إلى حالتها الأصلية:

١- بمجرد أن يزول تأثير المنبه يفقد غشاء الخلية العصبية نفاذيته لأيونات الصوديوم وتزيد نفاذيته لأيونات البوتاسيوم، ويعود الغشاء العصبى إلى نفاذيته السابقة قبل التنبيه أى وقت الراحة.

٢- يؤدى ذلك إلى إعادة التوزيع الأيونى غير المتكافئ على جانبى الغشاء إلى ما كانت عليه وقت الراحة أى عودة الاستقطاب.Repolarization هذا وتدعى ظاهرة اللاإستقطاب (زوال الاستقطاب) Depolarization من (-٧٠ مللى فولت الى + ٤٠ مللى فولت) ومن ثم العودة الى (-٧٠ مللى فولت) ويعرف ذلك بجهد الفعالية Action Potential وجهد الفعالية المتنقل بسرعة من الليف العصبى هو فى الواقع الحافز أو السيال العصبى Nerve Impulse.

٣- يبقي العصب بعد الإثارة لفترة زمنية قصيرة تتراوح بين ٠,٠٠١ إلى ٠,٠٠٣ من الثانية لايستجيب لاى مؤثر مهما كانت قوته وتسمى هذه الفترة بفترة الامتناع او الجموح

مطابع الدار الهندسية/زهراء المعادي

Refractory Period وفى هذه الفترة يستعيد الغشاء الخلوى خواصه الفسيولوجية حتى يمكن نقل سيال عصبى آخر جديد

خصائص السيال العصبى:

١ – السرعة: تعتمد سرعة السيال العصبى من مكان لآخر على قطر الليفة العصبية، حيث لوحظ أن الألياف العصبية كبيرة القطر مثل الألياف العصبية النخاعية تنقل السيالات العصبية بسرعة كبيرة قدرت بحوالى ١٤٠ متر / ثانية، والألياف العصبية الرفيعة تنقل السيال العصبى بسرعة حوالى ١٢ متر / ثانية .

٢ – تخضع إثارة العصب لقانون «الكل أولا شئ» (All or none law) والذى تخضع له أيضا انقباض العضلات ومفهومه أنه لن يتولد سيال عصبى إلا إذا كان المؤثر قويا بدرجة تكفى لإثارة العصب بحد أقصى، والزيادة في قوة المؤثر لن تزيد فى قوة الإستجابة .

أما إذا كان المؤثر ضعيفا فإنه لا يكفى أن ينقل الخلية العصبية أو الليفة العصبية من حالة الراحة (–٧٠ مللى فولت) إلى جهد الفعالية (١١٠ مللى فولت)

التشابك العصبى Synapse

يعرف التشابك العصبى على انه الموضع الموجود بين تفرعات المحور العصبى لخلية عصبية والتفرعات الشجيرية للخلية العصبية اللاحقة لها شكل (١٣) . وأهمية دراسة التشابك العصبى تأتى للإجابة عن سؤال هو كيفية انتقال السيال العصبى من خلية عصبية لأخرى .



شكل (١٣) يوضح التشابك العصبى–العصبى

انواع التشابك العصبى:

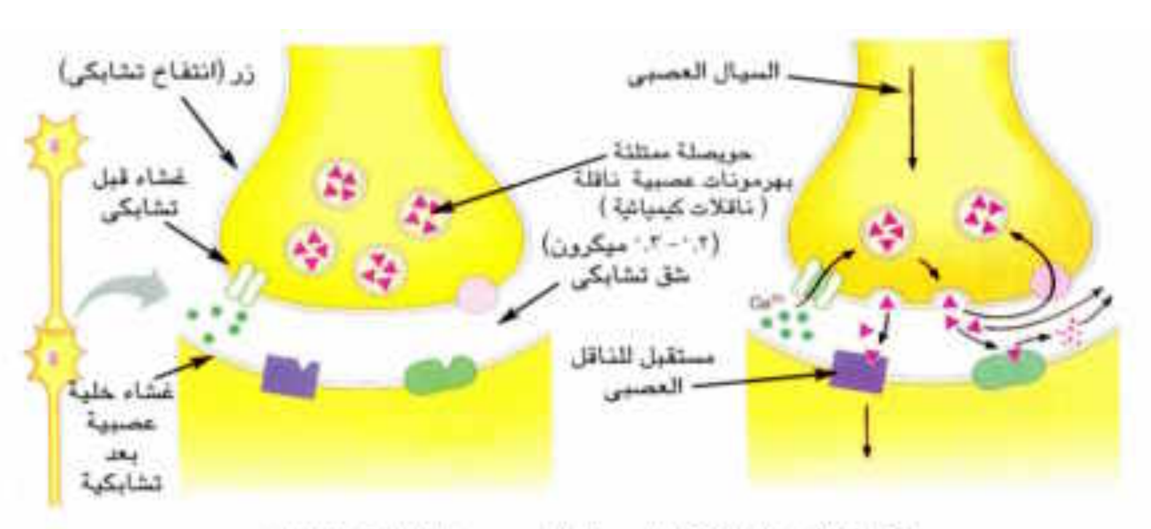
أ – تشابك عصبى بين خليتين عصبيتين

ب – تشابك عصبى بين خلية عصبية وليفة عضلية.

ج – تشابك عصبى بين خلية عصبية وخلايا غدية.

تركيب التشابك العصبى:

يظهر التركيب الدقيق للتشابك العصبى شكل (١٤) ان التفرعات النهائية للمحور تنتهى بانتفاخات تعرف بالأزرار وتقع هذه الإنتفاخات قريبة جدا من التفرعات الشجيرية (أو جسم الخلية العصبية) للخلية العصبية التالية. ويوجد بين هذه الانتفاخات والتفرعات الشجرية للخلية العصبية المجاورة شق يسمى شق التشابك المحصور بين الغشاء قبل التشابكى والغشاء بعد التشابكي وبفحص الجزء المنتفخ وجد انه يحتوى على أكياس صغيرة تدعى حويصلات عصبية تحوى داخلها مواد كيميائية تسمى الناقلات الكيميائية Chemical Transmitters مثل الاستيل كولين Acetyl Choline والنور ادرينالين Noradrenaline وهذه المواد لها دوركبير فى نقل السيال العصبى .



شكل (١٤) يمثل انتقال السيال العصبى خلال التشابك العصبى



كيفية انتقال السيال العصبى عبر التشابك العصبى - العصبى:

١- عند وصول السيال العصبى الى الانتفاخات العصبية (الأزرار) تعمل مضخة الكالسيوم الموجودة فى غشاء الخلية على ادخال ايونات الكالسيوم داخل الخلية فتسبب انفجار عدد كبير من الحويصلات العصبية فيتحرر منها الناقلات الكيميائية.

٢- تسبح الناقلات الكيميائية عبر الفجوة (الشق) حتى تصل الى الزوائد الشجيرية للخلية العصبية المجاورة شكل (١٤).

٣- يؤدى التصاق هذه الناقلات الكيميائية بالمستقبلات الخاصة بها والموجودة على أغشية الزوائد الشجيرية الى إثارة تلك الاغشية فى نقطة الاتصال وتغير من نفاذية تلك الأغشية لآيونات الصوديوم والبوتاسيوم لإزالة استقطابها ويخلق ذلك سيالا عصبيا كما ذكرنا سابقا يعبر جسم الخلية العصبية ثم محورها الى خلية عصبية جديدة.

٤- يعمل انزيم الكولين استيريز Cholinesterase على تحطيم الاستيل كولين بعد عبوره إلى الزوائد الشجيرية كى يتوقف عمله ويعود الغشاء إلى حالته أثناء الراحة.

الجهاز العصبى المركزى Central Nervous System

كما ذكرنا سابقا يتكون من الدماغ والنخاع الشوكى

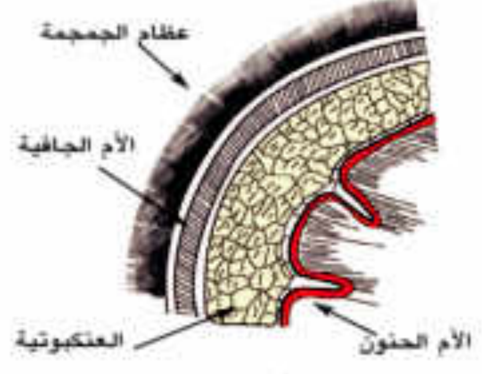
أولا: الدماغ (المخ) Brain

يكون الدماغ الجزء الأكبر من الجهاز العصبى المركزى، ويبلغ وزن الدماغ عند الولادة حوالى ٣٥٠ جرام ويصل في الرجل البالغ حوالى ١٤٠٠ جرام، ويوجد الدماغ داخل حيز عظمى قوى يسمى صندوق الدماغ (الجمجمة)

يحيط بالدماغ ثلاثة أغشية يطلق عليها الأغشية السحائية شكل(١٥) تقوم بحماية وتغذيه خلايا المخ وهذه الأغشية الثلاثة هى :

١ - **الأم الجافية :** يبطن عظام الجمجمة

٢ - **الأم الحنون :** يلتصق بسطح المخ.



شكل (١٥) الأغشية السحائية

٣- العنكبوتية: يملأ الفراغ بين الغلافين الخارجي والداخلى يتخلله سائل شفاف لحماية الدماغ من الصدمات. يتكون الدماغ شكل (١٦) من ثلاثة أجزاء رئيسية هى:

أ- الدماغ الأمامى: Forebrain والذى يشتمل على :

قشرة الدماغ Brain Cortex والمهاد Thalamus وتحت المهاد Hypothalamus

ب- الدماغ المتوسط : Midbrain

ج - الدماغ الخلفى: Hindbrain والذى يشمل على:

المخيخ Cerbellum وقنطرة فارول pons varolii والنخاع المستطيل. Medulla oblongata

ويتصل بالدماغ فى الإنسان ١٢ زوجا من الأعصاب المخية.Cranial Nerves

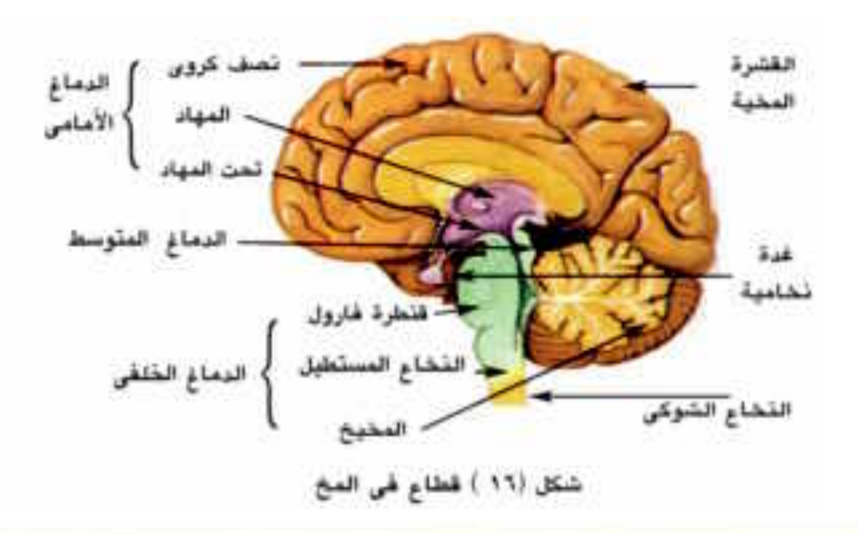
وسنتناول بإيجاز تركيب ووظيفة كل جزء من هذه الأجزاء :

١- يمثل الدماغ الأمامى الجزء الأكبر من الدماغ ويتركب من :

١- قشرة المخ أونصفا كرة المخ Cerebral Hemispheres

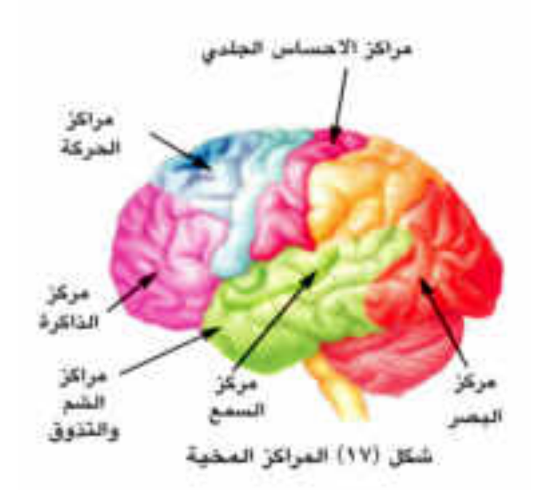
وهما فصين كبيرين يفصل بينهما شق كبير، ويطلق على كل فص نصف الكرة المخى ويرتبط نصفا كرتى المخ بواسطة حزمة عريضة من الألياف العصبية. وتتميز القشرة المخية بوجود انخفاضات مختلفة العمق تعرف باسم الشقوق والأخاديد وبينهما طيات وتلافيف.

يقسم كل نصف كرة إلى عدة فصوص هى الفص الجبهى – الفص الجدارى – الفص القفوى– الفص الصدغى كما يوجد فص خامس غير ظاهر من الشكل الخارجي حيث يكون مغطى بالفص الجبهى والفص الجدارى ويطلق على هذا الفص « فص الجزيرة» .



شكل (١٦) قطاع فى المخ

وظائف قشرة المخ:



شكل (١٧) المراكز المخية

أ- يقع فى الفص الجبهى مراكز الحركات الإرادية كما به بعض مراكز الذاكرة والنطق.

ب- يقوم الفص الجدارى بالتحكم فى عدد كبير من الوظائف الحسية مثل الإحساس بالحرارة أو البرودة أو الضغط أو اللمس.

ج - يقع فى الفص القفوى مراكز حساسة تتحكم فى حاسة البصر (شكل ١٧).

د- يقع فى الفص الصدغى مراكز حاسة الشم والتذوق كما يقع فيه أيضا مركز السمع.

٢- المهاد :

مركزا مهما لتنسيق السيالات الحسية (ماعدا الشم) التى تصل للقشرة.

٣-تحت المهاد:

يوجد فى هذا الجسم مراكز كثيرة تتحكم فى الأفعال الانعكاسية حيث يوجد فيه مثلا مراكز الجوع والشبع والعطش وتنظيم درجة حرارة الجسم كما يوجد فيه مراكز النوم.

ب- الدماغ الأوسط:

أصغر أجزاء الدماغ ويكون حلقة الوصل بين الدماغ الأمامى والدماغ الخلفى، ويحتوى على مراكز عصبية تقوم بحفظ التوازن العام للجسم ويحتوى على مراكز متصلة بالسمع والبصر كما يقوم بتنظيم العديد من الأفعال الإنعكاسية مثل الأفعال الإنعكاسية السمعية.

ج-الدماغ الخلفى:

يتكون من:

١- المخيخ:

يوجد فى الجهة الخلفية ويتكون من ثلاث فصوص. ويحفظ توازن الجسم بالتعاون مع الأذن الداخلية وعضلات الجسم.

٢ - قنطرة فارول والنخاع المستطيل:

تقوم كل من القنطرة والنخاع المستطيل بالوظائف التالية:

١ – تمر خلالهما السيالات العصبية القادمة من الحبل الشوكى إلى أجزاء الدماغ المختلفة.

٢– توجد فى النخاع المستطيل بعض المراكز الحيوية فى الجسم وأهمها المراكز التنفسية والمراكز المنظمة لحركة الأوعية الدموية ومراكز البلع والقيء والسعال والعطس.

ثانيا: النخاع (الحبل) الشوكى : Spinal Cord

يوجد النخاع الشوكى فى قناة توجد داخل الفقرات وتسمى القناة العصبية أوالقناة الشوكية، ويبدأ الحبل الشوكى من النخاع المستطيل فى الدماغ، ويمتد بطول العمود الفقرى.

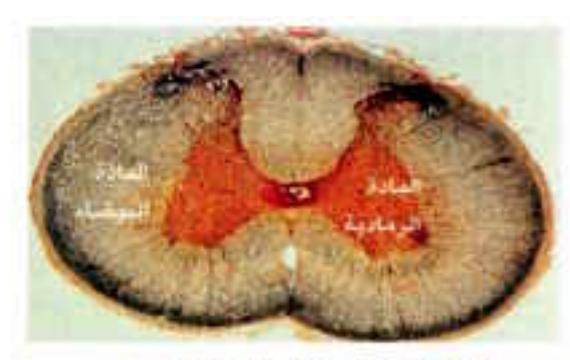
ويبلغ طول النخاع الشوكى فى الإنسان البالغ ٤٥ سم. النخاع الشوكى مجوف من الداخل لاحتوائه على قناة وسطية صغيرة تسمى القناة المركزية ويغلف النخاع الشوكى من الخارج للداخل بثلاثة أغشية هى:

١– الأم الجافية ٢– العنكبوتية ٣– الأم الحنون

ويوجد فى النخاع الشوكى شقان يقسمان الحبل الشوكى إلى نصفين ويتركب نسيج النخاع الشوكى من طبقتين. الداخلية منها هى المادة الرمادية، وتبدو على شكل حرف H، شكل (١٨) ويوجد لها قرنان ظهريان وقرنان بطنيان وقوام هذه المادة الخلايا العصبية والزوائد الشجيرية وخلايا الغراء العصبى والخارجية هى المادة البيضاء وقوامها الألياف العصبية.

وظائف النخاع الشوكى:

النخاع الشوكى هو المركز الرئيسى للأفعال الانعكاسية وتقوم المادة الرمادية بهذه الوظيفة. وتوجد فى الحبل الشوكى آلاف من الأقواس الانعكاسية.



شكل (١٨) قطاع فى النخاع الشوكى

تعمل المادة البيضاء بالنخاع الشوكى كناقل او موصل للسيالات العصبية حيث يعمل على نقل هذه السيالات من أجزاء الجسم المختلفة إلى المراكز الرئيسية فى الدماغ والعكس.

مطابع الدار الهندسية/زهراء المعادي

الأعصاب الشوكية

يوجد فى الإنسان ٣١ زوج من الأعصاب الشوكية والتى توجد فى أزواج متعاقبة على جانبى الحبل الشوكى وتنتظم هذه الأزواج من الأعصاب كما يلى:

١-ثمانية أزواج من الأعصاب تتصل بالعنق (الأعصاب العنقية).

٢- إثنتا عشر زوج من الأعصاب تتصل بالصدر (الأعصاب الصدرية).

٣- خمسة أزواج من الأعصاب تتصل بالفقرات القطنية (أعصاب قطنية)

٤- خمسة أزواج من الأعصاب تتصل بالفقرات العجزية (أعصاب عجزية)

٥- زوج من الأعصاب يتصل بالعصعص (أعصاب عصعصية)

لكل عصب من هذه الأعصاب الشوكية جذران:

جذر ظهرى : ويحتوى على ألياف الحس ويعمل على نقل الرسائل (السيالات العصبية) من أعضاء الاستقبال إلى النخاع الشوكى والدماغ.

جذر بطنى: ويحتوى على ألياف الحركة وينقل الرسائل أو الأوامر التنبيهية الحركية من الدماغ والنخاع الشوكى إلى أعضاء الاستجابة (العضلات والغدد).

الجهاز العصبى الطرفى ، Peripheral Nervous System

يتركب هذا الجهاز من شبكة من الاعصاب تنتشر فى أجزاء الجسم، وهو يعمل على ربط الجهاز العصبى المركزى (الدماغ والنخاع الشوكى) بجميع أجزاء الجسم وتصل هذه الشبكة من الأعصاب مايلى:

١ - **الأعصاب المخية**: عددها ١٢ زوج متصلة بالدماغ وهي إما أن تكون حسية أو حركية أو مختلط (أى تقوم بنقل السيال العصبى من أعضاء الاستقبال إلى المخ وأوامر التنبيه من المخ إلى أعضاء الاستجابة).

٢- **الأعصاب الشوكية**:وعددها ٣١ زوج ومتصلة بالنخاع الشوكى وهى حسية وحركية (مختلطة).

القوس الانعكاسى(الفعل المنعكس) Reflex Arc (Reflex Action)

يعتبر القوس الانعكاسى شكل (١٩) وحدة النشاط العصبى، ومعظم الوظائف العصبية يمكن تحليلها إلى مجموعة من الأفعال المنعكسة تتم على مستويات مختلفة ويشمل القوس العصبى المنعكس على خليتين عصبيتين على الأقل خلية عصبية حسية (واردة) وخلية عصبية حركية (صادرة) ولكن فى معظم الأحيان يتكون القوس الانعكاسى من:

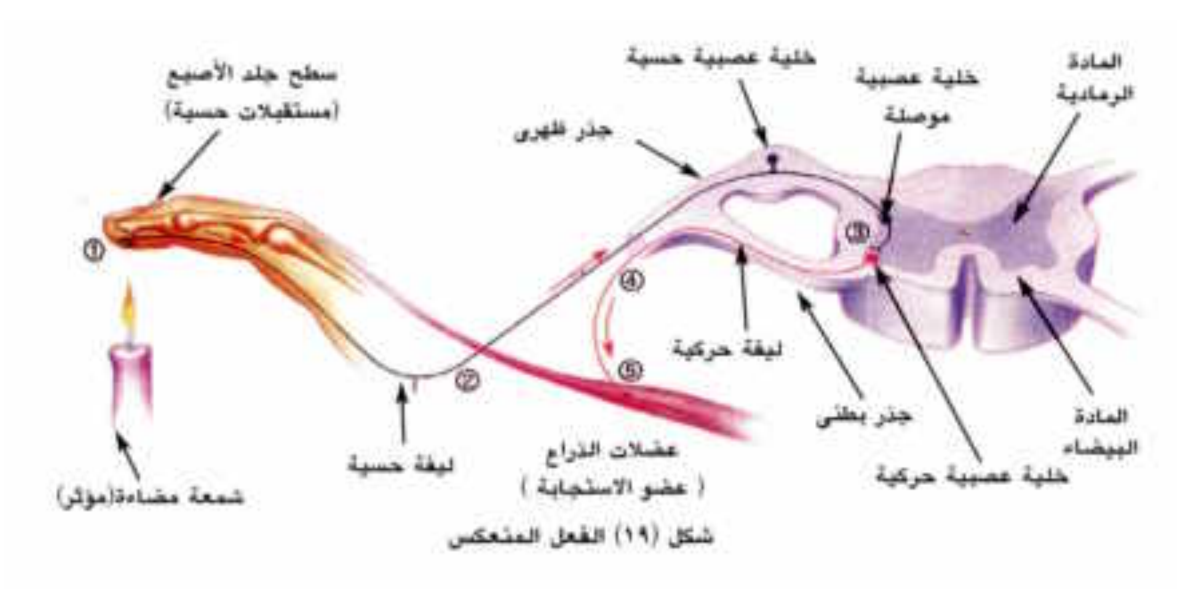
عضو الإحساس (أو المستقبل): Sense Organ

خلية عصبية حسية أو واردة Sensory Neuron

خلية عصبية موصلة (رابطة) Connector Neuron

خلية عصبية حركية أو صادرة Motor Neuron

العضو المستجيب أو المنفذ Effector ، وهو العضو الذى سوف يستجيب للتغيرات التى تحدث فى البيئة كالعضلات والغدد، وإذا كانت الاستجابة فى العضلات الإرادية (الهيكلية) سمى القوس الانعكاسى الإرادى، بينما يسمى بالقوس الانعكاسى اللاإرادى (أو الذاتى) إذا كانت الاستجابة فى العضلات اللا إرادية أو عضلة القلب أو الغدد.



شكل (١٩) الفعل المنعكس

الجهاز العصبى الذاتى: Autonomic Nervous System

ينظم هذا الجهاز النشاطات المختلفة التى لا تقع تحت إرادة الإنسان مثل تنظيم حركة انقباض عضلات القلب والعضلات الملساء (اللا إرادية) وكذلك إفراز غدد الجسم ويتكون الجهاز العصبى الذاتى (شكل ٢٠) من جزئين هما:

الجهاز العصبى السمبثاوى Sympathetic N.S

وتنشأ أليافه من المنطقة الصدرية والقطنية من النخاع الشوكى، ويعمل الجهاز العصبى السمبثاوى عمل جهاز الطوارئ حيث تسيطر السيالات العصبية التى يحملها هذا الجهاز على العديد من أعضاء الجسم الداخلية وتحدث فيها تغيرات تساعد الجسم على مجابهة الظروف الطارئة.



الجهاز العصبى الباراسمبثاوى Parasympathatic N.S

تنشأ ألياف هذا الجهاز من جذع الدماغ والمنطقة العجزية من النخاع الشوكى.

معظم أجزاء الجسم الداخلية تصلها ألياف عصبية من كلا الجهازين السمبثاوى والباراسمبثاوى، وغالبا ما يكون تأثير أحد الجهازين معاكسا لتأثير الآخر.

تأثيرات الجهاز العصبى السمبثاوى

اتساع حدقة العين

نقص إفراز الغدد اللعابية

انبساط القصيبات الهوائية

زيادة الانقباض

إفراز قليل

زيادة السكر فى الدم

إفراز هرمون الأدرينالين

انبساط المثانة

تأثيرات الجهاز العصبى الباراسمبثاوى

ضيق حدقة العين

زيادة إفراز الغدد اللعابية

بطء الانقباض

انقباض القصيبات الهوائية

إفراز كثير

انقباض الحويصلة الصفراوية

انقباض المثانة

الجذع المخى

المنطقة العنقية

المنطقة الصدرية

المنطقة القطنية

المنطقة العجزية

شكل (٢٠) تأثيرات الجهاز العصبى الذاتى على بعض أجزاء الجسم

و يوضح الجدول التالى تأثير كل من الجهازين السمبثاوى والباراسمبثاوى على بعض أجزاء الجسم:

بعض تأثيرات الجهاز العصبى الذاتى

العضو المستجيب	تأثير الجهاز السمبثاوى	تأثير الجهاز الباراسمبثاوى
القلب	زيادة معدل النبض وقوة الانقباض	تقليل معدل النبض وقوة الانقباض
الأوعية الدموية	يسبب انقباضها فى كل من الجلد والأحشاء - الغدد اللعابية - الدماغ - الأعضاء التناسلية - الرئة	يسبب انبساطها فى كل من الغدد اللعابية والأعضاء التناسلية
القناة الهضمية	يسبب انبساط كل من جدار المعدة والأمعاء والقولون	يسبب انقباض كل من جدار المعدة والأمعاء والقولون
الجهاز التنفسى	يسبب انبساط القصيبات الهوائية ويثبط من افرازاتها	يسبب انقباض القصيبات الهوائية ويزيد من افرازاتها
المثانة البولية	يسبب انبساطها	يسبب انقباضها
العين	يعمل على اتساع حدقة العين	يعمل على تضييق حدقة العين
الغدد		
١ - اللعابية	يسبب افرازاً قليلًا	يسبب إفرازًا كثيرا
٢ - المعدية	يسبب افرازاً قليلًا	يسبب افرازًا كثيرا
٣ - الكبد	يسبب تكسير الجليكوجين ويزيد مستوى السكر فى الدم	انقباض الحويصلة الصفراوية
٤ - البنكرياس	يسبب نقص افراز الانزيمات	يسبب زيادة افراز الانزيمات
٥ - نخاع الغدة الكظرية	يسبب إفراز هرمون الادرينالين الذى يرفع ضغط الدم ويزيد سرعة القلب ويزيد من مستوى السكر فى الدم	لايتصل بهذه الغدة



أسـئلة

س (١) أخترالاجابة الصحيحة مما يلي :

١– الوظيفة الحيوية التى تعمل على تكيف الكائن الحى مع البيئة هى :

أ– التنفس ب – النقل ج – الحركة د– الاحساس

٢– الليفة العصبية تمثل :

أ – زائدة شجيرية للخلية العصبية ب – محورأسطوانى للخلية العصبية

ج– زائدة شجيرية أومحور اسطوانى د– الخلية العصبية

٣– العصب يمثل :

أ – زائدة شجيرية عصبية ب – محاور اسطوانية غير مغلفه

جـ– مجموعة من الألياف العصبية المغلفة

د– تجمع أجسام الخلايا العصبية والمكونه للحبل العصبى.

٤ – جميع الغدد التالية يؤثر عليها الجهاز العصبى الذاتى البارسمبثاوى ماعدا :

أ – البنكرياس ب – نخاع الغدة الكظرية

جـ – المعدية واللعابية د – الكبد

٥ – المحاور المغلفة بالميالين توصل السيالات العصبية أسرع من المحاور غير المغلفة :

أ – العبارة صحيحة لأن الميالين مادة عازلة.

ب – العبارة صحيحة لأن الميالين مادة موصله.

جـ – العبارة غير صحيحة لأن الميالين يقوم بالتغذيه فقط.

د– العبارة غير صحيحة لأن الميالين يقوم بافراز السائل النخاعى فقط.

٦ – كل ما يأتى يوضح فترة الجموح ماعدا :

أ– أنها فترة زمنية لازمة لإخراج أيونات الصوديوم بالنقل النشط.

ب – تتراوح هذه الفترة بين ٠,٠٠١ – ٠,٠٠٣ ثانية

جـ – يستجيب الغشاء لأى مؤثر أثناء هذه الفترة.

د– يستعيد فيها الغشاء الخلوى خواصة الفسيولوجية

٧ – بعض الأغشية التالية تحيط بالمخ ، ولكن الغشاء الذى يقوم بحمايته من الصدمات هو:

أ – الأم الحنون. ب – الأم الجافية

جـ – الأم العنكبوتية د– الغشاء العصبى

س(٢) علل لما يأتى:

١ – الفعل المنعكس لا يتطلب تدخل المخ.

٢– قدرة السيال العصبى على الانتقال خلال الشق التشابكى .

٣– الجذر موجب الانتحاء الأرضى وسالب الإنتحاء الضوئى .

٤ – توجد حبيبات نسل فى جسم الخلايا العصبية .

٥– عند حدوث إصابة فى المراكز العصبية فأن مكان الجرح يلتئم رغم أن الخلايا العصبية غير قادرة على الانقسام وتعويض التالف منها .

س (٣) ارسم شكلا مبسطا للخلية العصبية فى الانسان موضحا عليها البيانات

س (٤) لنبات المستحية نوعان من الحركة اذكرهما وبين كيف تتم كل منهما

س (٥) اشرح دور الاوكسينات النباتية فى كل ممايأتى:

أ – الانتحاء الضوئى لكل من الساق والجذر. ب – الانتحاء المائى للجذر.

س (٦) كيف تفسر انتقال السيال العصبى خلال كل من: التشابك العصبى – الليفة العصبية

س(٧) ماذا يحدث فى الحالات الآتية ؟

أ– نمو بادرة نباتية وهى فى وضع أفقى ب – قطع القمة النامية لساق نبات ما .

ج – إصابة المخيخ. د– تلف النخاع المستطيل.

س (٨) ما المقصود بكل ممايأتى :

فترة الجموح – عقد رانفييه – الميالين – حويصلات التشابك – الأعصاب المختلطة – أغشية المخ.

س (٩) وضح بالتجربة ٠

أ– الانتحاء المائى للجذر. ب – تجربة فنت . جـ – تجربة بويسن جنسن

س١٠ اذكر ماتعرفه عن الأعصاب الشوكية

س ١١ وضح تأثير الجهاز العصبى الذاتى على الأعضاء التالية:

القلب – الأوعية الدموية – القناة الهضمية – المثانة البولية – العين

المواصفات الفنية:

مقاس الكتاب	٥٧×٨٢سم
عدد ملازم الكتاب	٧ ملازم
عدد الصفحات بالغلاف	١١٦ صفحة
نوعية ورق الغلاف ووزنه	كوشيه ١٨٠جم ٤ لون
نوعية ورق المتن ووزنه	مستورد ٧٠جم
ألوان الكتاب	٤ لون
رقم الكتاب	٥|٢|٣٣|٣|١٠|٤٤٦

مطابع الدار الهندسية / زهراء المعادي
موبايل: ٠١٢٢٢٣٤٩٠١١ تليفاكس: ٢٩٧٠٣٧٦٦